# Kalk und Luftmörtel.

3.80

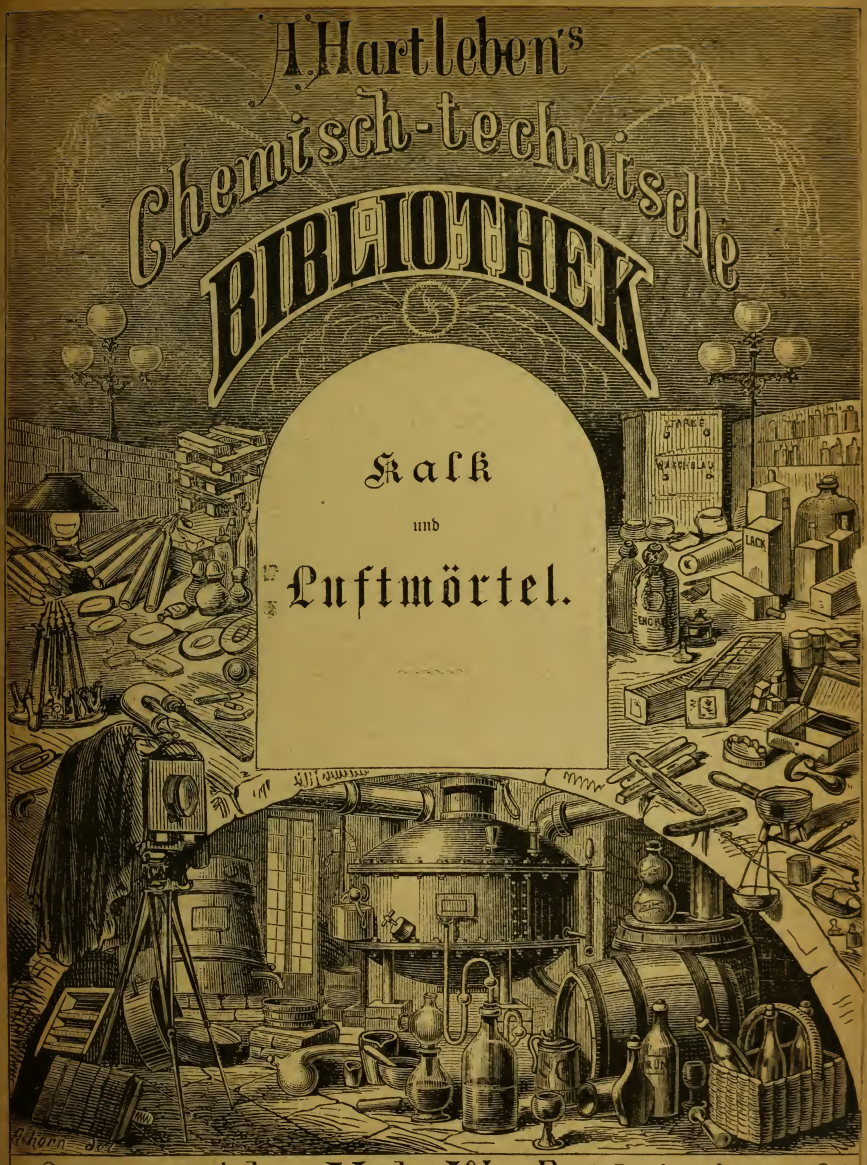
THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY

666.9
Z9k

CERAMICS
DEPARTMENT

A. Hartleben's

# Chemisch-technische BIBLIOTHEK




A. Hartleben's Verlag, Wien, Pest, Leipzig.

# A. Hartleben's chemisch-technische Bibliothek.

In zwanglosen Bänden. — Mit vielen Illustrationen. — Jeder Band einzeln zu haben.

In eleganten Ganzleinwandbänden, pro Band 45 Kr. ö. W. = 80 Pf. Zuschlag.

I. Band. **Die Ausbrüche, Secte und Südweine.** Vollständige Anleitung zur Bereitung aller Gattungen Ausbrüche, Secte, spanischer, französischer, italienischer, griechischer, ungarischer, afrikanischer und asiatischer Weine und Ausbruchweine nebst einem Anhange, enthaltend die Bereitung der Strohweine, Rosinen, Hefen-, Kunst- u. Obstweine. Von **Karl Maier.** Mit erläut. Abbild. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W = 2 M. 25 Pf.

In dem hiermit angezeigten Werke ist nicht nur die vollständige fabriksmäßige Darstellung aller Ausbrüche und Südweine auf das ausführlichste und leichtfaßlichste beschrieben, sondern es enthält dasselbe alle überhaupt angewendeten diesbezüglichen Recepte, welche zum größten Theile bisher der Oeffentlichkeit unbekannt waren.

II. Band. **Populäres Handbuch der Spiritus- und Preßhefe-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Erzeugung von Spiritus aus Kukuruz, Korn, Gerste, Hafer, Hirse, Kartoffeln und Melasse; von Preßhefe nach alter Methode aus Kukuruz, Korn und Gerste; von Preßhefe nach neuer Methode aus allen Getreidesorten und Kartoffeln (eigene Erfindung des Verfassers). Von **Alois Schönberg,** chem.-techn Brennereileiter. Mit erläuternden Abbildungen. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

Da der Verfasser sich eine Reihe von Jahren auf das eingehendste mit dem Studium der Spiritus- und Preßhefe-Erzeugung theoretisch und praktisch beschäftigte und keinerlei Mühe und Kosten gescheut hat, um die vorzüglichsten Anweisungen der Oeffentlichkeit übergeben zu können, so hegt die Verlags-Buchhandlung die Ueberzeugung, dem Publikum hiermit ein Werk zu bieten, welches, einzig in seiner Art dastehend, sich durch die Gediegenheit seines Inhaltes auszeichnet, und ein für Spiritus- und Preßhefe-Fabrikanten geradezu unentbehrliches Handbuch genannt werden kann.

III. Band. **Die Liqueur-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Herstellung aller Gattungen von Liqueuren, Crêmes, Huiles, gewöhnlicher Liqueure, Aquavite, Fruchtbranntweine (Ratafias), des Rumes, Arracs, Cognacs, der Punsch-Essenzen und gebrannten Wässer auf warmem und kaltem Wege, sowie der zur Liqueur-Fabrikation verwendeten ätherischen Oele, Tincturen, Essenzen, aromatischen Wässer und Farbstoffe. Nebst einer großen Anzahl der besten Vorschriften zur Bereitung aller Gattungen von Liqueuren, Bitter-Liqueuren, Aquaviten, Punsch-Essenzen, Arrac, Rum und Cognac. Von **August Gaber,** geprüfter Chemiker u. prakt. Destillateur. Mit 12 Abbild. Zweite Auflage. 26 Bog. 8. Elegant geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

Wie sehr das Bedürfniß vorhanden war, ein Werk über Liqueur-Fabrikation zu erhalten, das diesen Gegenstand klar und auf der Höhe der Zeit behandelt, beweist der Umstand, daß bereits nach zwei Jahren eine neue Auflage nöthig wurde. Es sei dasselbe auch ferner allen Fach-Interessenten bestens empfohlen.

IV. Band. **Die Parfumerie-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Darstellung aller Taschentuch-Parfums, Riechsalze, Riechpulver, Räucherwerk, aller Mittel zur Pflege der Haut, des Mundes und der Haare, der Schminken, Haarfärbemittel und aller in der Toilettekunst verwendeten Präparate, nebst einer ausführlichen Schilderung der Riechstoffe 2c. 2c. Von Dr. chem. **George William Askinson,** Parfum-Fabrikant. Mit 15 Abbildungen. 23 Bog. 8. Elegant geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

Dieses Werk stammt aus der Feder eines eminenten Fachmannes, der, gleich hoch in Bezug auf praktische Erfahrung als auf theoretische Bildung stehend, die Materie in der lichtvollsten und deutlichsten Form behandelt hat.

V. Band. **Die Seifen-Fabrikation.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend die vollständige Anleitung zur Darstellung aller Arten von Seifen im Kleinen wie im Fabriks-Betriebe, mit besonderer Rücksichtnahme auf warme und kalte Verseifung und die Fabrikation von Luxus- und medicinischen Seifen von **Friedrich Wiltner,** Seifen-Fabrikant. Mit erläuterunden Abbild. 13 Bog. 8. Elegant geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 M.

In dem vorliegenden Werke hat es der Verfasser, durch lange Jahre Director einer der größten Seifenfabriken und gegenwärtig selbst Besitzer einer solchen — unternommen, das Wesen der Seifen-Fabrikation auf warmem und kaltem Wege, sowie der Toilette- und Luxusseifen unter voller Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen der chemischen Technik auf diesem Gebiete darzustellen.

VI. Band. **Die Bierbrauerei und die Malzextract-Fabrikation.** Eine Darstellung aller in den verschiedenen Ländern üblichen Braumethoden zur Bereitung aller Biersorten, sowie der Fabrikation des Malz-Extractes und der daraus herzustellenden Producte. Von **Hermann Rüdinger,** technischer Brauerei-Leiter. Mit 20 erläuternden Abbildungen. 29 Bog. 8. Elegant geh. 3 fl. 30 kr. ö. W. = 6 M.

Frei von allen theoretischen Speculationen, finden wir in diesem Werke alle chemischen Vorgänge welche beim Malzen, Brauen und bei der Biergährung stattfinden, in so lichtvoller und klarer Sprache dargestellt, daß sie von Jedermann, der keinerlei chemische Bildung besitzt, verstanden werden müssen.

VII. Band. **Die Zündwaaren-Fabrikation.** Anleitung zur Fabrikation von Zündhölzchen, Zündkerzchen, Cigarren-Zünder und Zündlunten, der Fabrikation der Zündwaaren mit Hilfe von amorphem Phosphor und gänzlich phosphorfreier Zündmassen, sowie der Fabrikation des Phosphors. Von **Jos. Freitag.** Mit 14 erläut. Abbildungen. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

Der Verfasser hat die Aufgabe, Alles was überhaupt mit Zündwaaren in Beziehung steht, allgemein faßlich zu schildern, auf rühmlichste Weise gelöst, indem das Werk nicht nur eine genaue Beschreibung aller wie immer Namen habenden Zündwaaren und deren Aufertigung giebt und alle dabei vorkommenden Arbeiten und Vorrichtungen auf das eingehendste schildert, sondern auch durch eine ausführliche Darstellung der Fabrikation des gewöhnlichen und amorphen Phosphors den Zündwaaren-Fabrikanten in die Lage setzt, sich diese kostspieligen Substanzen auf billige Art zu verschaffen.

# A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

VIII. Band. **Die Beleuchtungsstoffe und deren Fabrikation.** Eine Darstellung aller zur Beleuchtung verwendeten Materialien thierischen und pflanzlichen Ursprungs, des Petroleums, des Stearins, der Theeröle und des Paraffins. Enthaltend die Schilderung ihrer Eigenschaften, ihrer Reinigung und praktischen Prüfung in Bezug auf ihre Reinheit und Leuchtkraft, nebst einem Anhange über die Verwerthung der sehr flüchtigen Kohlenwasserstoffe zur Lampenbeleuchtung und Gasbeleuchtung im Hause, in Fabriken und öffentlichen Locálen. Von **Eduard Perl,** technischer Chemiker. Mit 10 Abbildungen. 9 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W = 2 M.

Der Verfasser hat seine Aufmerksamkeit besonders darauf gerichtet, den Werth der einzelnen Beleuchtungsmaterialien klar zu machen und dem Leser ein anschauliches Bild von dem gegenwärtigen Stande unseres Beleuchtungswesens zu geben; besonders ausführlich werden die hochwichtigen und gegenwärtig so allgemein in Verwendung stehenden Beleuchtungsstoffe mineralischen Ursprunges besprochen.

IX. Band. **Die Fabrikation der Lacke, Firnisse, Buchdrucker-Firnisse und des Siegellackes.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend die ausführliche Beschreibung zur Darstellung aller flüchtigen (geistigen) und fetten Firnisse, Lacke und Siccative, sowie die vollständige Anleitung zur Fabrikation des Siegellackes und Siegelwachses von den feinsten bis zu den gewöhnlichen Sorten. Leichtfaßlich geschildert von **Erwin Andres,** Lack- und Firniß-Fabrikant. 2. Aufl. Mit 11 erläut. Abbild. 14 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 M.

Wir sind in der Lage, dem Publikum ein Werk anzuempfehlen, welches allen Anforderungen, welche an dasselbe gestellt werden können, auf das Beste entspricht, indem der Verfasser, sowohl wissenschaftlich als praktisch gebildet, in demselben nicht nur die genaue Schilderung aller in der Firniß-Fabrikation vorkommenden Materialien und Arbeiten giebt, sondern auch die Theorie der Firniß- und Lack-Fabrikation in lichtvoller und populärster Weise darstellt und gleichzeitig mit dieser Darstellung die Veröffentlichung mancher eigenen werthvollen Erfahrung verbindet.

X. Band. **Die Essig-Fabrikation.** Eine Darstellung der Essig-Fabrikation nach den ältesten und neueren Verfahrungsweisen, der Schnell-Essigfabrikation, der Bereitung von Eisessig und reiner Essigsäure aus Holzessig, sowie der Fabrikation des Wein-, Trester-, Malz-, Biereissigs und der aromatisirten Essigsorten, nebst der praktischen Prüfung des Essigs. Von **Dr. Josef Bersch.** Mit 15 Abbildungen. 14 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 M.

Dieses Werk stellt nicht nur das Wesen der gesammten Essig- und Schnell-Essigfabrikation, sowie die Bereitung von reinem Essig aus Holzessig dar, sondern es enthält auch eine große Anzahl selbstständiger Beobachtungen des Verfassers und viele praktische Verbesserungen in dem Wesen der Essig-Fabrikation.

XI. Band. **Die Feuerwerkerei oder die Fabrikation der Feuerwerkskörper.** Eine Darstellung der gesammten Pyrotechnik, enthaltend die vorzüglichsten Vorschriften zur Anfertigung sämmtlicher Feuerwerksobjecte, als alle Arten von Leuchtfeuern, Sternen, Leuchtkugeln, Raketen, der Luft- und Wasser-Feuerwerke, sowie einen Abriß der für den Feuerwerker wichtigen Grundlehren der Chemie. Von **August Eschenbacher.** Mit 26 Abbildungen. 19 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 M.

In dem aus der Feder eines ausgezeichneten Chemikers und Pyrotechnikers geflossenen vorliegenden Werke ist das Wesen der Pyrotechnik so dargestellt, daß jeder Leser darüber vollkommen klar wird, um was es sich bei der Anfertigung der verschiedenen Objecte handelt und dadurch in der Lage ist, sich in allen vorkommenden Fällen selbst Rath zu verschaffen.

XII. Band. **Die Meerschaum- und Bernsteinwaaren-Fabrikation.** Mit einem Anhange über die Erzeugung hölzerner Pfeifenköpfe. Enthaltend: die Fabrikation der Pfeifen und Cigarrenspitzen; die Verwerthung der Meerschaum- und Bernstein-Abfälle, Erzeugung von Kunstmeerschaum (Masse oder Massa), künstlichem Elfenbein, künstlicher Schmucksteine auf chemischem Wege; die zweckmäßigsten und nöthigsten Werkzeuge, Geräthschaften, Vorrichtungen und Hilfsstoffe. Ferner die Erzeugung der Oelköpfe, geflammter, gesprengelter und Ruhlaer Waare. Endlich die Erzeugung der Holzpfeifen, hiezu dienliche Holzarten, deren Färben, Beizen, Poliren u. dgl. Von **G. M. Raufer.** Mit 5 Tafeln Abbild. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 M.

Der Verfasser dieses Werkes, unterstützt durch Erfahrungen und uneigennützige Mittheilungen bedeutender Fachmänner in der Meerschaum-, Bernstein- und Holzbranche, hat sich entschlossen, seine theoretischen und praktischen Erfahrungen der Oeffentlichkeit zu übergeben, um eine Lücke in der chemisch-technischen Literatur zu ergänzen, da bis heute ein specielles Werk über diesen Industriezweig nicht vorhanden war.

XIII. Band. **Die Fabrikation der ätherischen Oele.** Anleitung zur Darstellung derselben nach den Methoden der Pressung, Destillation, Extraction, Deplacirung, Maceration und Absorption, nebst einer ausführlichen Beschreibung aller bekannten ätherischen Oele in Bezug auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften und technische Verwendung, sowie der besten Verfahrungsarten zur Prüfung der ätherischen Oele auf ihre Reinheit. Von Dr. chem. **George William Askinson,** Verfasser des Werkes: Die Parfumerie-Fabrikation. Mit 24 Abbildungen. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W = 3 M.

Von dem Wunsche geleitet, ein für jeden Interessenten gleich praktisches Werk zu liefern, hat der Verfasser die größte Sorgfalt auf die Darstellung der einfachen technischen Prüfungen der ätherischen Oele verwendet, um es hierdurch Jedermann zu ermöglichen, die Reinheit eines ätherischen Oeles zu erkennen.

XIV. Band. **Die Photographie oder die Anfertigung von bildlichen Darstellungen auf künstlichem Wege.** Als Lehr- und Handbuch von praktischer und theoretischer Seite bearbeitet und herausgegeben von **Julius Krüger.** Mit 41 Abbildungen. 37 Bogen. 8. Eleg. geh. 4 fl. ö. W. = 7 M. 20 Pf.

Die Erfahrungen, welche der Verfasser in seiner langjährigen Thätigkeit als Photograph, Lehrer der Photographie und Schriftsteller gesammelt hat, sind in dem vorliegenden neuesten Werke über Photographie niedergelegt, alle irrigen Anschauungen unerfahrener Autoren gemieden und bei allen Angaben Vorschriften und Lehren nur das angeführt, was auf thatsächlicher, praktischer Erfahrung basirt ist.

# A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

XV. Band. **Die Leim- und Gelatine-Fabrikation.** Eine auf praktische Erfahrungen begründete gemeinverständliche Darstellung dieses Industriezweiges in seinem ganzen Umfange. Von **F. Dawidowsky.** Mit 7 Abbildungen. 9 Bogen. 8. Eleg. geh. Preis 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 M.

Was zerstreut hier und dort zu Tage getreten, was in verschiedenen Fabriken und Laboratorien versucht, erprobt oder verworfen wurde, was praktische Erfahrung festgestellt, was emsiger Gelehrtenfleiß gefunden, das soll, in diesem Werkchen gesammelt, dem fortschrittfreundlichen Fabrikanten als unentbehrliches Hilfsbuch geboten werden, das ihm Zeit und Mühe erspart und ihn in den Stand setzt, mit der täglich wachsenden Concurrenz Schritt zu halten.

XVI. Band. **Die Stärke-Fabrikation und die Fabrikation des Traubenzuckers.** Eine populäre Darstellung der Fabrikation aller im Handel vorkommenden Stärkesorten, als der Kartoffelstärke, Weizenstärke, Mais-, Reis-, Arrow-root-Stärke 2c.; der Wasch- und Toilettestärke und des künstlichen Sago, sowie der Verwerthung aller bei der Stärke-Fabrikation sich ergebenden Abfälle und der Fabrikation des Dextrins, Stärkegummis, Traubenzuckers und der Zucker-Couleur. Von **Felix Rehwald,** Stärke- und Traubenzucker-Fabrikant. Mit 16 erläuternden Abbildungen. 14 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 M.

Die Stärke ist ein in den verschiedensten Fabrikationszweigen, als auch in der Haushaltung so häufig gebrauchter Körper, daß ein Werk, welches wie das vorliegende die Fabrikation aller möglichen Stärke-Gattungen auf das Ausführlichste und Eingehendste darstellt, gewiß eine jedem Interessenten willkommene Schrift sein wird.

XVII. Band. **Die Tinten-Fabrikation und die Herstellung der Tusche, der Stempeldruckfarben sowie des Waschblaues.** Ausführliche Darstellung der Anfertigung aller Schreib-, Comptoir- und Copirtinten, aller farbigen und sympathetischen Tinten, der chinesischen Tusche, lithographischen Stifte und Tinten, unauslöschlicher Tinten zum Zeichnen der Wäsche, der Bereitung des besten Waschblaues und der Stempel-Druckfarben. Nebst einer Anleitung zum Lesbarmachen alter Schriften. Nach eigenen Erfahrungen dargestellt von **Sigmund Lehner,** Chemiker und Fabrikant. Mit erläuternden Abbildung. 14 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 M.

Das vorliegende Werk enthält eine große Anzahl neuer, bisher nicht veröffentlichter Vorschriften zur Bereitung der verschiedensten und besten Tinten, chinesischen Tusche und lithographischen Tinten, sowie die Bereitung der Stampiglie-Farben und des Waschblaues, und giebt die Anleitung hierzu in so deutlicher Darstellung, daß Jedermann sofort in den Stand gesetzt ist, die Tinten-Fabrikation selbst zu betreiben und sich hierdurch einen äußerst einträglichen Nebenerwerb zu schaffen.

XVIII. Band. **Die Fabrikation der Schmiermittel, der Schuhwichse und Lederschmiere.** Darstellung aller bekannten Schmiermittel, als Wagenschmiere, Maschinenschmiere, der Schmieröle für Nähmaschinen und andere Arbeitsmaschinen und der Uhrmacheröle, ferner der Schuhwichse, Lederlacke und Lederschmiere für alle Gattungen von Leder. Von **Richard Brunner,** technischer Chemiker. Mit 5 erläuternden Abbildungen. 11 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

Der Verfasser hat seine reichen praktischen Erfahrungen auf diesem Gebiete der chemischen Technologie in dem vorliegenden Werkchen niedergelegt und findet sowohl der Fabrikant von Schmiermitteln selbst, als auch Jeder, welcher mit diesen Producten zu thun hat, vollständigen Aufschluß über die Bereitungsweise, die Eigenschaften und Verwendung aller Gattungen von Schmiermitteln, indem die Darstellung aller Arten derselben darin ausführlich geschildert ist.

XIX. Band. **Die Lohgerberei oder die Fabrikation des lohgaren Leders.** Ein Handbuch für Leder-Fabrikanten. Enthaltend die ausführliche Darstellung der Fabrikation des lohgaren Leders nach dem gewöhnlichen und dem Schnellgerbeverfahren, nebst der Anleitung zur Herstellung aller Gattungen Maschinenriemenleder, des Juchten-, Saffian-, Corduan-, Chagrin- und Lackleders. Von **Ferdinand Wiener,** Leder-Fabrikant. Mit 43 Abbildungen. 35 Bogen. 8. Eleg. geh. 4 fl. ö. W = 7 M. 20 Pf.

Der Verfasser hat die schwierige Aufgabe, das Wesen der gesammten Lohgerberei in allen ihren Zweigen klar und übersichtlich darzustellen, auf das glücklichste gelöst und hat seine vielseitigen und praktischen Erfahrungen in dem vorliegenden Werke niedergelegt.

XX. Band. **Die Weißgerberei, Sämischgerberei und Pergament-Fabrikation.** Ein Handbuch für Leder-Fabrikanten. Enthaltend die ausführliche Darstellung der Fabrikation des weißgaren Leders nach allen Verfahrungsweisen, des Glacéleders, Seifenleders u. s. w; der Sämischgerberei, der Fabrikation des Pergamentes und der Lederfärberei, mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Lederindustrie. Von **Ferdinand Wiener,** Leder-Fabrikant. Mit 20 Abbildungen. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

Das vorliegende Werk schließt die Beschreibung aller jener Zweige der Lederindustrie in sich, welche nicht in dem früher erschienenen Werke des Verfassers „Die Lohgerberei" geschildert wurden. Die ausgezeichnete Aufnahme, welche dieses Buch seitens der Industriellen erfahren hat, bürgt an und für sich schon für den Werth des vorliegenden Werkes.

XXI. Band. **Die chemische Bearbeitung der Schafwolle oder das Ganze der Färberei von Wolle und wollenen Gespinnsten.** Ein Hilfs- und Lehrbuch für Färber, Färberei-Techniker, Tuch- und Garn-Fabrikanten und Solche, die es werden wollen. Dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechend und auf Grund eigener langjähriger Erfahrungen im In- und Auslande vorzugsweise praktisch dargestellt. Von **Victor Joclet,** praktischer Färber und Fabriks-Dirigent. Mit 29 Abbildung. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

Der Schwerpunkt vorliegenden Werkes liegt darin, daß durch eine Unzahl der vorzüglichsten selbsterprobten Recepte jedem Färber die Möglichkeit gewährt wird, sämmtliche Farben leicht und sicher herzustellen, wobei überall der Kostenpunkt sowie die Echtheit der betreffenden Farbe mit wenigen Worten berücksichtigt wurden.

# A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

XXII. Band. **Das Gesammtgebiet des Lichtdrucks** nebst einer vollständigen Anleitung zur Ausübung der Photolithographie, Emailphotographie, Chemigraphie (Zinkographie) und anderweitigen Vorschriften zur Vervielfältigung der negativen und positiven Glasbilder. Bearbeitet von **J. Husnik,** k. k. Professor am I. Staats-Realgymnasium in Prag. Mit 4 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr ö W — 3 Mark.

Das Gesammtgebiet des Lichtdruckes" umfaßt nicht nur die geschichtliche Entwickelung und Ausbildung dieses Verfahrens bis auf den Standpunkt der gegenwärtigen Vollkommenheit in klarer und übersichtlicher Zusammenstellung, sondern es enthält neben der gründlichen, theoretisch praktischen Anleitung zur leichten und sicheren Ausübung des Lichtdruckes auch noch eine völlig verläßliche Methode der Photolithographie und Chemigraphie (Photozinkographie) und mehrere bewährte Vorschriften für das Abziehen und Vervielfältigen der negativen und positiven Glasbilder, für Emailphotographie und verschiedene andere Nebenoperationen.

XXIII. Band. **Die Fabrikation der Conserven und Canditen.** Vollständige Darstellung aller Verfahren der Conservirung für Fleisch, Früchte, Gemüse, der Trockenfrüchte, der getrockneten Gemüse, Marmeladen, Fruchtsäfte u. s. w. und der Fabrikation aller Arten von Canditen, als: candirter Früchte, der verschiedenen Bonbons, der Rocks-Drops, der Dragées, Pralinées ꝛc. Von **A. Hausner.** Mit 18 Abbildungen. 24 Bogen. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö W. = 4 M. 50 Pf.

Die Fabrikation der Conserven ist in der Neuzeit ein so wichtiger Industriezweig geworden, daß ein Werk, welches sich in der eingehendsten Weise mit der Schilderung aller bisher bekannt gewordenen Conservirungs-Methoden, sowie mit der ausführlichen Beschreibung aller Arten von conservirten Nahrungsmitteln, als: conservirtes Fleisch, Fleischmehl, Fleischzwieback, comprimirtes Gemüse, Früchten- und Gemüse-Conserven u. s. w. beschäftigt, gewiß als ein zeitgemäßes und den Praktikern erwünschtes bezeichnet werden kann.

XXIV. Band. **Die Fabrikation des Surrogatkaffees und des Tafelsenfes.** Enthaltend: Die ausführliche Beschreibung der Zubereitung des Kaffees und seiner Bestandtheile; der Darstellung der Kaffee-Surrogate aus allen hierzu verwendbaren Materialien und die Fabrikation aller Gattungen von Tafelsenf. Von **Karl Lehmann.** Mit 9 Abbildungen. 9 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

Das vorliegende Werk umfaßt die genaue Beschreibung der Eigenschaften des echten Kaffees, sowie dessen Zubereitung, und hierauf fußend, die Darstellung der Kaffee-Surrogate aus allen bis nun hierfür empfohlenen Rohmaterialien, nebst der Beschreibung der hierbei verwendeten Apparate und Geräthe. — Im Anschlusse an diesen Industriezweig findet sich die Schilderung der Fabrikation aller Sorten von Tafelsenf.

XXV. Band. **Die Kitte und Klebemittel.** Ausführliche Anleitung zur Darstellung aller Arten von Kitten und Klebemitteln für Glas, Porzellan, Metalle, Leder, Eisen ꝛc., und der zu speciellen Zwecken dienenden Kitte und Klebemittel. Von **Sigm. Lehner.** 8 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. ö. W. = 1 M 80 Pf.

Der Verfasser des vorliegenden Werkchens hat sich der großen Mühe unterzogen, die große Zahl der Vorschriften zur Herstellung der verschiedenen Kitte einer praktischen Prüfung zu unterziehen und unter denselben nur jene auszuwählen, welche wirklich brauchbar sind.

XXVI. Band. **Die Fabrikation der Knochenkohle und des Thieröles.** Eine Anleitung zur rationellen Darstellung der Knochenkohle oder des Spodiums und der plastischen Kohle, der Verwerthung aller sich hierbei ergebenden Nebenproducte und zur Wiederbelebung der gebrauchten Knochenkohle. Von **Wilhelm Friedberg,** techn. Chemiker. Mit 13 Abbildg. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

Der als eminent anerkannte Verfasser giebt in diesem Werke eine Schilderung der Beschaffenheit der Knochen sowohl auf ihre anatomische Structur als ihre chemische Zusammensetzung, sowie er der Fettgewinnung durch Auskochen und durch Extraction der Knochen, ferner der Fabrikation der Knochenkohle im Besonderen, der plastischen Kohle und dem Thieröle, endlich dem Entfernen des Gypses aus der Knochenkohle und dem Ausglühen der Kohle seine besondere Aufmerksamkeit zuwendete.

XXVII. Band. **Die Verwerthung der Weinrückstände.** Praktische Anleitung zur rationellen Verwerthung der bei der Weinbereitung sich ergebenden Rückstände, als: Trester, Hefe (Weinlager, Geläger) und Weinstein, durch Verarbeitung derselben zu Tresterbranntwein, Weinsprit, Oenanthäther, weinsaurem Kalk, Weinsäure, Traubenkernöl, Traubenkerntannin, Frankfurterschwarz. Mit einem Anhange: Die Erzeugung von Weinsprit und Cognac aus Wein. Handbuch für Weinproducenten, Weinhändler, Brennerei-Techniker, Fabrikanten chemischer Producte, Chemiker und zum Gebrauche für Weinbauschulen. Gemeinverständlich dargestellt von **Antonio dal Piaz,** techn. Chemiker. Mit 20 Abbild. 12 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

In vorliegendem Werke ist die Verwerthung der Weinrückstände auf das Erschöpfendste besprochen und auf leicht faßliche Weise Anleitung gegeben, nicht nur im großen Maßstabe in Fabriken Weintrester, Weinhefe und Weinstein nach einer rationellen Methode, bei welcher nicht der geringste Rückstand unverwerthet bleibt, zu verarbeiten, es sind auch solche Verfahrungsarten angegeben, nach welchen selbst der Weinproducent, der Weinhändler, sowie auch Jeder, der sich damit befassen will, kleine Quantitäter der besprochenen Rückstände auf gewinnbringende Weise verwerthen kann, um so leichter, als hierbei keine besonderen Kenntnisse oder Vorstudien erforderlich sind.

XXVIII. Band. **Die Alkalien.** Darstellung der Fabrikation der gebräuchlichsten Kali- und Natron-Verbindungen, der Soda, Potasche, des Salzes, Salpeters, Glauberſalzes, Wasserglases, Chromkalis, Blutlaugensalzes, Weinsteins, Laugensteins u. s. f., deren Anwendung und Prüfung. Ein Handbuch für Färber, Bleicher, Seifensieder, Fabrikanten von Glas, Zündwaaren, Lauge, Papier, Farben, überhaupt von chemischen Producten, für Apotheker und Droguisten. Von Dr. **S. Pick,** Fabriksbesitzer. 21 Bogen. Mit 24 Abbildungen. 8. Eleg. geh. 2 fl 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

Das vorliegende Werk behandelt eine Gruppe chemischer Producte, welcher an Bedeutung für die gesammte Industrie und für die Landwirthschaft keine andere gleichkommt.

# A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

XXIX. Band. **Die Bronzewaaren-Fabrikation.** Anleitung zur Fabrikation von Bronzewaaren aller Art, Darstellung ihres Gusses und Behandelns nach demselben, ihrer Färbung und Vergoldung, des Bronzirens überhaupt nach den älteren, sowie bis zu den neuesten Verfahrungsweisen. Von **Ludwig Müller,** Metallwaaren-Fabrikant. Mit 25 Abbild. 16 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W = 3 Mark.

Was auf dem Gebiete der Bronze-Industrie Neues geschaffen, wie Altes doch Nützliches verwendet, was praktische Erfahrung festgestellt, das ist in diesem Werkchen gesammelt und soll dem fortschrittfreundlichen Fabrikanten als unentbehrliches Hilfsbuch geboten werden, welches ihm hierdurch Mühe und Zeit erspart und ihn in den Stand setzt, mit den Erfindungen der Neuzeit gleichen Schritt zu halten.

XXX. Band. **Vollständiges Handbuch der Bleichkunst** oder theoretische und praktische Anleitung zum Bleichen der Baumwolle, des Flachses, des Hanfes, der Wolle und Seide, sowie der daraus gesponnenen Garne und gewebten oder gewirkten Stoffe und Zeuge. Nebst einem Anhange über zweckmäßiges Bleichen der Hadern, des Papieres, der Wasch- und Badeschwämme, des Strohes und Wachses ꝛc. Nach den neuesten Erfahrungen durchgängig praktisch bearbeitet von **Victor Joclét.** Mit 30 Abbildungen und 2 Tafeln. 24 Bogen. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

Vorliegendes Werk, dessen Verfasser durch seine literarischen Arbeiten in der Fachwelt bereits hinlänglich bekannt ist, bringt in ausführlichster Weise das Bleichen des Flachses, der Leinwand und Baumwolle unter Berücksichtigung der verschiedensten dabei angewendeten Methoden, sodann das Bleichen der Schafwolle und Seide, wobei die neuesten Erfahrungen, welche seit einem Decennium einen wesentlichen Umschwung in diese Kunst brachten, sorgfältigst und in genauester Weise angeführt werden.

XXXI. Band. **Die Fabrikation der Kunstbutter, Sparbutter und Butterine.** Eine Darstellung der Bereitung der Ersatzmittel der echten Butter nach den besten Methoden. Allgemein verständlich geschildert von **Victor Lang.** Mit 8 Abbildungen. 10 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. ö. W. = 1 M. 80 Pf.

Die Thatsache, daß die Production der echten Butter in fortwährender Abnahme begriffen ist, weist darauf hin, daß man nach einem Ersatzmittel für dieselbe suchen mußte. Dieses Ersatzmittel ist in der Kunstbutter gefunden worden und ist das vorliegende Werk das erste Buch, welches überhaupt über diesen Gegenstand erschienen ist.

XXXII. Band. **Die Natur der Ziegelthone und die Ziegel-Fabrikation der Gegenwart.** Handbuch für technische Chemiker, Ziegeltechniker, Bau- und Maschinen-Ingenieure ꝛc. ꝛc. Von **Dr. Hermann Zwick.** Mit 123 Abbild. und 2 Tafeln. 38 Bogen. 8. Eleg. geh. 4 fl. 60 kr. = 8 M. 30 Pf.

Die bisherigen literarischen Arbeiten über Ziegel-Fabrikation konnten sich, da sie anderen Zwecken dienen, mit den Ziegelthonen nur nebenher beschäftigen. Diese Thatsachen mögen es rechtfertigen, daß Verfasser, der eine Reihe von Jahren die Leistungen auf diesem Gebiete verfolgte und in technischen Zeitschriften darüber berichtete, den Versuch eines „Handbuches der Ziegel-Fabrikation" zunächst unter vorzugsweiser Berücksichtigung der Natur der Ziegelthone wagte.

XXXIII. Band. **Die Fabrikation der Mineral- und Lackfarben.** Enthaltend: Die Anleitung zur Darstellung aller künstlichen Maler- und Anstreicherfarben, der Email- und Metallfarben. Ein Handbuch für Fabrikanten, Farbwaarenhändler, Maler und Anstreicher. Dem neuesten Stande der Wissenschaft entsprechend dargestellt von **Dr. Josef Bersch.** Mit 19 Abbildungen. 41 Bog. 8. Eleg. geh. 4 fl. 20 kr. ö. W. =7 M. 60 Pf.

Dieses Werk bespricht das Wesen der gesammten Mineralfarben-Fabrikation in der umfassendsten und ausführlichsten Weise, und ist es dem Herrn Verfasser auf das glänzendste gelungen, dieses schwierige Gebiet der chemischen Technologie auf solche Art zu behandeln, daß sein Buch dem praktischen Fabrikanten ein unentbehrlicher Leitfaden sein wird.

XXXIV. Band. **Die künstlichen Düngemittel.** Darstellung der Fabrikation des Knochen-, Horn-, Blut-, Fleisch-Mehls, der Kalidünger, des schwefelsauren Ammoniaks, der verschiedenen Arten Superphosphate, der Poudrette u. s. f., sowie Beschreibung des natürlichen Vorkommens der concentrirten Düngemittel. Ein Handbuch für Fabrikanten künstlicher Düngemittel, Landwirthe, Zuckerfabrikanten, Gewerbetreibende und Kaufleute. Von **Dr. S Pick,** Fabrikant chemischer Producte. Mit 16 Abbild. 16 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. ö. W. = 3 M. 25 Pf.

Wenn es unter den praktischen Landwirthen nicht an Stimmen fehlt, welche bei Anwendung von Kunstdünger den gewünschten Erfolg nicht eintreten sahen, so hat dies in unrichtiger Anwendung oder schlechtem Einkauf seinen Grund. In dieser Richtung soll obiges Werk dem Manne der Praxis zu Hilfe kommen, andererseits soll es jedoch auch die Fabrikation selbst behandeln und dem Industriellen an die Hand gehen, da dieser Zweig chemischer Industrie zu immer höherer Vollendung gelangt.

XXXV. Band. **Die Zinkographie** oder das Aetzen in Zink zur Herstellung von Druckplatten aller Art, nebst Anleitung zum Aetzen in Kupfer, Messing, Stahl und andere Metalle. Auf Grund eigener praktischer, vieljähriger Erfahrungen bearbeitet und herausgegeben von **Julius Krüger.** 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö W. = 2 Mark.

Die Absicht des Verfassers: einer eigenartigen Kunst, welche befähigt ist, eine hervorragende Rolle unter den graphischen Künsten einzunehmen, diejenige Grundlage und Auffassung zu verschaffen, welche nothwendig ist, um bei Ausübung derselben über das Mittelmäßige hinaus wirklich tadellose Resultate erzielen zu können, ist demselben vollständig gelungen.

XXXVI. Band. **Medicinische Specialitäten.** Eine Sammlung aller bis jetzt bekannten und untersuchten medicinischen Geheimmittel, mit Angabe ihrer Zusammensetzung nach den bewährtesten Chemikern. Gruppenweise zusammengestellt von **C. F. Capaun-Karlowa,** Apotheker. 18 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr ö. W. = 2 M. 50 Pf.

Der Verfasser dieses Werkes, wohlbekannt als praktischer Apotheker und durch seine früheren literarischen Arbeiten, hat aus dem Schatze seiner reichen Erfahrungen und an der Hand von Mittheilungen der bewährtesten Chemiker, die Zusammensetzung aller bis jetzt untersuchten Geheimmittel veröffentlicht, um deren Kenntniß in allen Kreisen zu verbreiten.

# A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

XXXVII. Band. **Die Colorie der Baumwolle auf Garne und Gewebe mit besonderer Berücksichtigung der Türkischroth-Färberei.** Ein Lehr- und Handbuch für Interessenten dieser Branchen. Nach eigenen praktischen Erfahrungen zusammengestellt von **Carl Romen,** Director der Möllersdorfer Färberei, Bleicherei und Appretur. Mit 6 Abbildungen. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

In vorstehendem Buche ist der Versuch unternommen, die gesammte Baumwollfärberei nach eigenen praktischen Erfahrungen so darzustellen, daß jeder Fabrikant und Färber sich desselben als eines treuen Rathgebers in zweifelhaften Fällen bedienen kann.

XXXVIII. Band. **Die Galvanoplastik oder sichere Anleitung und ausführliche Darstellung des galvanoplastischen Verfahrens in all' seinen Theilen.** In leichtfaßlicher Weise bearbeitet von **Julius Weiss.** Mit 14 Abbildungen. 20 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. ö. W. = 3 M. 25 Pf.

In leicht faßlicher Weise bearbeitet, bringt dieses Werk, unter Berücksichtigung aller neuen Verbesserungen, vortheilhafte Verfahrungs-Arten. Es wird daher Denjenigen, welche sich mit Galvanoplastik beschäftigen, ein sicherer Führer sein, da auch bei Bearbeitung besonders die praktische Seite als Hauptaufgabe betrachtet wurde.

XXXIX. Band. **Die Weinbereitung und Kellerwirthschaft.** Populäres Handbuch für Weinproducenten, Weinhändler und Kellermeister. Gemeinverständlich dargestellt auf Grundlage der neuesten wissenschaftlichen Forschungen der berühmtesten Oenologen und eigenen langjährigen praktischen Erfahrungen von **Antonio dal Piaz.** Mit 29 Abbildungen. 25 Bogen. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

Dieses Werk des bekannten Oenologen wird jedem Interessenten willkommen sein, da in diesem Buche die neuesten Fortschritte und Erfahrungen berücksichtigt sind, die rein praktisch verwerthet wurden.

XL. Band. **Die technische Verwerthung des Steinkohlentheers,** nebst einem Anhange: Ueber die Darstellung des natürlichen Asphaltheers und Asphaltmastix aus den Asphaltsteinen und bituminösen Schiefern und Verwerthung der Nebenproducte, Von **Dr. Georg Thenius,** technischer Chemiker Mit 20 Abbildungen. 12 Bogen. 8 Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

Dieses Werk entspricht einem wahren Bedürfniß, indem bis jetzt über die rationelle Verarbeitung des Steinkohlentheers noch nichts Zusammenhängendes und wirklich Praktisches erschien.

XLI. Band. **Die Fabrikation der Erdfarben.** Enthaltend: Die Beschreibung aller natürlich vorkommenden Erdfarben, deren Gewinnung und Zubereitung. Handbuch für Farben-Fabrikanten, Maler, Zimmermaler, Anstreicher und Farbwaaren-Händler. Von **Dr. Jos. Bersch.** Mit 14 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

Das Werk füllt eine Lücke in der Fachliteratur aus, indem in allen bis nun über die Farben-Fabrikation erschienenen Werken die Erdfarben nur in sehr oberflächlicher Art besprochen wurden, indeß das vorliegende Werk die Eigenschaften, die Gewinnung und Behandlung der Erdfarben in der umfassendsten Weise bespricht.

XLII. Band. **Desinfectionsmittel** oder Anleitung zur Anwendung der praktischesten und besten Desinfectionsmittel, um Wohuräume, Krankensäle, Stallungen, Transportmittel, Leichenkammern, Schlachtfelder u. s. w. zu desinficiren. Von **Wilhelm Heckenast.** 13 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

In einer Zeit, welche so reich an epidemischen Krankheiten ist und in welcher man nur mit kummervollem Herzen in die Zukunft sehen kann: welch' weit verheerende Seuchen sich durch Verschleppung Eingang in Mittel-Europa verschaffen können, wenn nicht durch strenge Wachsamkeit und durch bei Zeiten gehandhabte Desinfectionsmittel diesen Epidemien Einhalt gethan wird, in solcher Zeit dürfte ein Buch, welches sich ausschließlich mit der Desinfection und deren Mitteln befaßt, eine für Jedermann willkommene Gabe sein.

XLIII. Band. **Die Heliographie** oder: Eine Anleitung zur Herstellung druckbarer Metallplatten aller Art, sowohl für Halbtöne als auch für Strich- und Korumanier, ferner die neuesten Fortschritte im Pigmentdruck und Woodburn-Verfahren (oder Reliefdruck), nebst anderweitigen Vorschriften zur Herstellung der für die Heliographie geeigneten Negative. Mit einem Anhange: Ein Ueberblick der photomechanischen Verfahren zur Zeit der Weltausstellung in Paris 1878. Bearbeitet von **J. Husnik,** k. k. Professor in Prag. Mit 6 Illustrationen und 6 Tafeln. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

Vorliegendes Werk enthält in leicht übersichtlicher und faßlicher Darstellung die Anleitung zur Erzeugung von druckbaren Metallplatten aller Art, sowohl für Tief- und Hochdruck, als auch für Strich- und Halbtonmanier; ferner die neuesten Fortschritte im Pigment- und Woodburn-Druck und die Herstellung der für die Heliographie besonders geeigneten Negative.

XLIV. Band. **Die Fabrikation der Anilinfarbstoffe** und aller anderen aus dem Theere darstellbaren Farbstoffe (Phenyl-, Naphtalin-, Anthracen- und Reforcinfarbstoffe) und deren Anwendung in der Industrie. Für die Praxis bearbeitet von **Dr. Josef Bersch.** Mit 15 Abbild. 34 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 60 kr. ö. W. = 6 M. 50 Pf.

Das vorliegende Werk aus der Feder des auf chemisch industriellem Gebiete so rühmlich bekannten Verfassers ist eine Darstellung aller aus dem Theere gewinnbaren Farbstoffe in solcher Form, daß auch dem Praktiker Gelegenheit gegeben ist, sich die so hochwichtigen Kenntnisse über das Wesen dieser für die Industrie unentbehrlich gewordenen Farbstoffe zu verschaffen.

XLV. Band. **Chemisch-technische Specialitäten und Geheimnisse** mit Angabe ihrer Zusammenstellung nach den bewährtesten Chemikern. Alphabetisch zusammengestellt von **C. F. Capaun-Karlowa,** Apotheker u. s. w. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M 50 Pf.

Der Verfasser hat den Versuch gemacht, über 500 chemisch-technische Specialitäten zu sammeln und von ihnen theils Anfertigung und Anwendung mitzutheilen, theils nur die Zusammensetzung anzugeben.

# A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

XLVI. Band. **Die Woll- und Seidendruckerei in ihrem ganzen Umfange.** Ein praktisches Hand- und Lehrbuch für Druck-Fabrikanten, Färber und technische Chemiker. Enthaltend: das Drucken der Wollen-, Halbwollen- und Halbseidenstoffe, der Wollengarne und seidenen Zeuge. Unter Berücksichtigung der neuesten Erfindungen und unter Zugrundelage langjähriger praktischer Erfahrung. Bearbeitet von **Victor Joclét,** techn. Chemiker. Mit 54 Abbildungen und 4 Tafeln. 37 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 60 kr. ö. W. = 6 M. 50 Pf.

In dem vorliegenden Werke hat sich der Verfasser der Aufgabe unterzogen, in gedrängter Form, bei einer möglichst populären Behandlung des Stoffes, allen Vervollkommnungen und rastlosen Fortschritten der Neuzeit auf dem Gebiete der Woll- und Seidendruckerei gerecht zu werden.

XLVII. Band. **Die Fabrikation des Rübenzuckers.** Enthaltend: Die Erzeugung des Brotzuckers, des Rohzuckers, die Herstellung von Raffinad- und Candiszucker, nebst einem Anhange über die Verwerthung der Nachproducte und Abfälle ꝛc. Zum Gebrauche als Lehr- und Handbuch leichtfaßlich dargestellt von **Richard v. Regner,** Chemiker und Mitglied mehrerer technischer Vereine. Mit 21 erläuternden Abbildungen. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

Der Verfasser hat in diesem Werke nicht allein die Gewinnung des Roh- und Brotzuckers, die Herstellung von Raffinad- und Candiszucker, sondern auch die Verwerthung der Nachproducte und Abfälle, sowie die so wichtigen Zuckerbestimmungen in das Bereich seiner Abhandlung gezogen und es hierbei verstanden, zwischen Theorie und Praxis das richtige Maß zu halten.

XLVIII. Band. **Farbenlehre.** Für die praktische Anwendung in den verschiedenen Gewerben und in der Kunstindustrie bearbeitet von **Alwin von Wouwermans.** Mit 7 Abbildungen und 6 Tafeln. 11 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf

IL. Band. **Vollständige Anleitung zum Formen und Gießen** oder genaue Beschreibung aller in den Künsten und Gewerben dafür angewandten Materialien als: Gyps, Wachs, Schwefel, Leim, Harz Guttapercha, Thon, Lehm, Sand und deren Behandlung behufs Darstellung von Gypsfiguren, Stuccatur, Thon-, Cement-, Steingut-Waaren, sowie beim Guß von Statuen, Glocken und den in der Messing-, Zink-, Blei- und Eisengießerei vorkommenden Gegenständen Von **Eduard Uhlenhuth.** Mit 10 Abbild. 10 Bog. 8 Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark

L. Band. **Die Bereitung der Schaumweine.** Mit besonderer Berücksichtigung der französischen Champagner-Fabrikation. Genaue Anweisung und Erläuterung der vollständigen rationellen Fabrikationsweise aller moussirenden Weine und Champagner. Mit Benützung des Robinet'schen Werkes, auf Grund eigener praktischer Erfahrungen und wissenschaftlicher Kenntnisse populär und allgemein faßlich dargestellt und erläutert von **A. von Regner.** Mit 28 Abbildungen. 25 Bogen. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

LI. Band. **Kalk und Luftmörtel.** Auftreten und Natur des Kalksteines, das Brennen desselben und seine Anwendung zu Luftmörtel. Nach gegenwärtigem Stande von Theorie und Praxis dargestellt von **Dr. Hermann Zwick.** Mit 30 Abbildungen. 15 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark

## Unter der Presse:

**Die Legirungen.** Deren Darstellung, Eigenschaften und Anwendungen für industrielle und künstlerische Zwecke. Handbuch für alle Metallarbeiter. Bearbeitet von **A. Krupp.**

**Die Mineralsäuren.** Nebst einem Anhang: Der Bleikalk und das Ammoniak. Enthaltend die Fabrikation der Schwefel-, schwefeligen, Salz-, Salpeter-, Kohlen-, Bor- Arsen- und Phosphorsäure, der Chlorkalk- und Ammoniakverbindungen. Von **Dr. S. Pick.**

**Die explosiven Stoffe.** Enthaltend die Fabrikation des gewöhnlichen und gepreßten Pulvers, aller Arten Sprengpulver, des Sprengöls und der Sprengöl enthaltenden Sprengstoffe, Dynamit, Dualin, Fulminatin, Colonialpulver Lithofrakteur, der gewöhnlichen und comprimirten Schießbaumwolle, der vor Gebrauch unexplodirbaren Sprengstoffe, sowie die Verwendung der explosiven Stoffe im Bergbau, im Land- und Seekrieg. Mit einem Anhang: Die Torpedos. Ein Handbuch für Fabrikanten explosiver Stoffe, Pyrotechniker, Chemiker, Berg-, Eisenbahnbau- und Marine-Ingenieure, Artillerie-Techniker, Büchsenmacher, Jäger und Steinbruchs-Besitzer, sowie für jeden gebildeten Laien. Bearbeitet nach den neuesten wissenschaftlichen Erfahrungen von **Dr. Fr. Böckmann,** techn. Chemiker. Mit 19 Illustrationen.

**Die Chemie in ihrer Anwendung auf das praktische Leben,** zunächst für den Gewerbestand und jeden Gebildeten überhaupt. Leichtfaßlich bearbeitet von **Dr. Willibald Artus,** Professor an der Universität Jena

**Die Kunst- und Feinwäscherei** in ihrem ganzen Umfange. Enthaltend die chemische Wäscherei, die Fleckenreinigungskunst, Hauswäscherei und Appretur, Strohhut-Bleicherei und Färberei, Handschuh Wäscherei und Färberei ꝛc. Von **Victor Joclét,** techn. Chemiker.

**Der Cement.** Natur, Fabrikation und Anwendung der Roman- und Portlandcemente. Mit besonderer Berücksichtigung des gegenwärtigen Standes der Industrie dargestellt für technische Chemiker, Industrielle, Bau- und Maschinen-Ingenieure von **Dr. Hermann Zwick.**

**Alle Bände sind auch in höchst geschmackvollen und dauerhaften Original-Einbänden vorräthig. Zuschlag pro Band 45 Kr. ö. W. = 80 Pf.**

Bei Einsendung der Beträge mit Postanweisung erfolgt stets Franco-Zusendung des Gewünschten unter Kreuzband.

Durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

# Kalk und Luftmörtel.

## Auftreten und Natur des Kalksteines,

das Brennen desselben

und

seine Anwendung zu Luftmörtel.

Nach gegenwärtigem Stande von Theorie und Praxis

dargestellt von

Dr. H. Zwick.

Mit 30 Abbildungen.

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1879.
(Alle Rechte vorbehalten.)

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

666.9
Z9k

# Einleitung.

»Ein großes Capitel aus der Geschichte der Erde ist in die Kreide geschrieben!« sagt Huxley *) in einem seiner Vorträge mit voller Berechtigung. Denn nicht nur, daß die Tausende von Petrefacten in den Kalkgebirgen, zu denen die Kreide gehört, dem Geologen den Schlüssel für das Alter und die Entstehung dieser Gebirge liefern und ihm einen Blick in die Art und Verbreitung der Lebewesen vergangener Zeiten der Erdgeschichte thun ließen, für welche sie die vollgiltigsten Documente, und zwar die einzigen abgeben, die Kalksteine nehmen in ihrer ausgedehnten Verbreitung, in der Massigkeit ihres Auftretens von allen Gesteinsarten das Interesse des Geologen und Mineralogen mit am meisten in Anspruch.

Das als Kalkstein bezeichnete Mineral ist im reinen Zustande eine chemische Verbindung von kohlensaurem Kalk ($Ca\,C\,O_3$). In allen Flötzformationen von der ältesten, der Grauwacke, bis zur jüngsten, sich fortwährend vor unseren Augen bildenden, dem Alluvium, ist diese Verbindung anzutreffen, und zwar bald in mächtigen Schichten, wechselnd mit Thon und Sand, für sich Kuppen, Berge und ganze Gebirgszüge bildend, bald so innig mit anderen Körpern

*) Reden und Aufsätze. Berlin, Grieben, S. 168.

379984

vermengt, daß der Kalkstein mit ganz anderen Eigenschaften und als neues Gestein erscheint. Nicht nur seiner Verbreitung, sondern seiner Beschaffenheit und Anwendung wegen beansprucht der Kalkstein das Interesse des chemischen Technologen. Vor uns liegt ein Stück Kalkspath von der Form eines verschobenen Würfels (Rhomboëders): farblos wasserhell, durchsichtig, fest; daneben ein Stück Kreide: weiß, abfärbend, gestaltlos. Welcher Laie möchte glauben, daß beide Körper die gleiche chemische Zusammensetzung aus Kohlensäure und Kalk hätten, trotz ihrer verschiedenen Eigenschaften? Der Chemiker beweist es ihm durch einen Tropfen irgend einer Mineralsäure (Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure), welche aus beiden Körpern unter Aufbrausen Kohlensäure entwickelt. Es ist dieser Versuch immer der einfachste, um sich zu überzeugen, ob man es mit einem kohlensauren Salze zu thun habe oder nicht. Will man noch darthun, daß Kalk vorhanden sei, so braucht man nur zu der mit einer Säure (Salzsäure) hergestellten Lösung des fraglichen Körpers eine Lösung eines oxalsauren Salzes (z. B. Kleesalz) zu bringen und man wird nach einiger Zeit einen Niederschlag von oxalsaurem Kalk wahrnehmen. Ferner: Setzt man beide vorliegenden Gesteine längere Zeit starker Glühhitze aus, so hinterlassen beide unter Entweichen der Kohlensäure eine weiße oder grauweiße Masse, das Calciumoxyd (Ca O), oder wie es schlechtweg genannt wird, den Kalk zurück. Mit Wasser in Berührung, zerfällt derselbe unter bedeutender Wärmeentwickelung in Aetzkalk, oder wie man ihn gewöhnlich nennt, in gelöschten Kalk.

In der That ist der kohlensaure Kalk in Beziehung auf die Form, in welcher er auftreten kann, eines der merkwürdigsten Mineralien. Zunächst findet er sich im krystallisirten Zustande, und zwar in Gestalten, welche von

einander vollständig abweichen, und zwei verschiedenen Krystallgruppen (Systemen) zugezählt werden müssen. Die eine Form ist diejenige des vorhin genannten Rhomboëders, und der als solches krystallisirende Kalk wird von den Mineralogen *Kalkspath* oder isländischer Spath oder *Doppelspath* genannt, da er die Eigenschaft zeigt, den hindurchgehenden Lichtstrahl in zwei Strahlen zu spalten, also beim Hindurchsehen die Gegenstände doppelt erscheinen zu lassen.

Bei den verschiedensten optischen Apparaten für das Studium der Lichterscheinungen findet der Doppelspath Anwendung, ja die Doppelbrechung (Polarisation) wurde an ihm durch *Bartholinus* entdeckt. Wiederum tritt der kohlensaure Kalk in der spanischen Provinz Aragonien in einer Krystallform auf, welche dem rhombischen System angehört und die Gestalt einer geraden rhombischen Säule hat und zum Unterschiede *Aragonit* heißt.

Doch diese vereinzelt auftretenden Kalkarten haben nur wissenschaftliche, keine praktische Bedeutung. Weit wichtiger sind jene kohlensauren Kalke, die bald in größter Reinheit, bald weniger rein, bald mit anderen Stoffen derart vermischt, daß ihr Kalkcharakter ganz verloren geht, in großen Massen, in verschiedenster Härte, Farbe und Qualität auftreten, und welche man als *krystallinisch-körnige* oder *dichte Kalksteine* anspricht. Denn vom reinen weißen Statuenmarmor bis herab zum unreinen Kalkmergel finden diese Kalksteine die ausgedehnteste technische Benutzung theils zu Bildhauerarbeiten und architektonischen Gebilden, zu Tischplatten, Pflastersteinen, Bausteinen; theils, und zwar nachdem sie zuvor gebrannt und von der Kohlensäure befreit sind, zu Mörtel, zur Düngung, zur Bereitung von Chlorkalk, zur Anwendung in den ver-

schiedensten Gewerben; theils endlich als Farb-, Zeichen- und Schreibmaterial u. s. w. Diese Kalksteine beanspruchen an dieser Stelle unser ausschließliches Interesse, so daß wir uns mit ihrer Qualität, ihrer Lagerung, ihrer Entstehung und Verbreitung, sowie Untersuchung zunächst beschäftigen und sodann auf ihre Benützung, namentlich zur Darstellung des Mörtels, somit auch auf das Brennen allein Rücksicht nehmen.

# Inhaltsverzeichniß.


Seite

**Einleitung** . . . . . XI

**I. Auftreten und Natur des Kalksteines** . . . . . 1

1. Allgemeine Uebersicht . . . . . 1

2. Entstehung der Kalkgebirge . . . . . 4

3. Auftreten des kohlensauren Kalkes in den verschiedenen Gebirgsformationen und Arten desselben . . . . . 13

A. Krystallinisch-körniger Kalk (Marmor) 14.

I. Kärntner Marmor 19. — II. Tiroler Marmor 20. — III. Vorarlberger Marmor 20. — IV. a) Trientiner und italienischer Marmor 20. — IV. b) Trientiner Marmor 21. — V. Istrischer Marmor 21. — VI. Mährischer Marmor 22. — VII. Salzburger Marmor 22. — VIII. Kärntner Marmor 23. — IX. Stopnik-Tolmeiner Marmorwerke 24. — X. Nabresina-Marmor 25. — XI. Stein-Gewerkschaft in Arch [Krain] (Pariser Stein) 26. —

B. Dichter Kalkstein 28.

1. Grauwackenkalk (Uebergangskalk) 28. — 2. Kohlenkalk 31. — 3. Diaskalk 31. — 4. Triaskalk (Muschelkalk) 32. — 5. Jura-Kalk 36. — 6. Kreide 38. — 7. Tertiärkalk 39. — 8. Quartärkalk 41. —

C. Mergel 43.

**II. Das Brennen des Kalkes** (Fig. 1—27) . . . . . 45

Allgemeines über das Brennen und die dazu benützten Oefen 45

1. Kalköfen zu periodischem Betriebe mit großer Flamme 55. — 2. Aeltere Kalköfen zu continuirlichem Betriebe mit kleiner Flamme 65. — 3. Aeltere Kalköfen zu continuir-

Seite

lichem Betriebe mit großer Flamme 73. — 4. Der Kalkringofen 78. — 5. Der Canalofen 105. — 6. Gaskalköfen 111. — Gaskalkofen und Basteiofen von Steinmann 115. — Gaskalkofen von Nehse 125. — Gaskalkofen von Fahnejelm und in Rüdersdorf 130. — 7. Der Kalkofen von Swann 136. — 8. Resultate und Untersuchung der Vorgänge beim Kalkbrande 138.

**III. Eigenschaften des gebrannten Kalkes und Kalklöschen** 162

**IV. Luftmörtel** . . . . . 171

1. Zubereitung . . . . . 171

2. Erhärtung . . . . . 175

I. Das Anziehen oder Abbinden des Luftmörtels 184. — II. Verhalten zu Kohlensäure 185. — III. Schlußfolgerungen über das Erhärten des Mörtels 187.

3. Werthbestimmung . . . . . 190

4. Festigkeit . . . . . 193

5. Neuere Mörtelvorschriften . . . . . 195

**V. Kalksandsteine** (Fig. 28—30) . . . . . 198

1. Massebereitung 199. — 2. Das Trocknen der Steine 210.

**VI. Kalkschlackensteine** . . . . . 215

**VII. Analyse der Kalksteine** . . . . . 221

# I.

# Auftreten und Natur des Kalksteines.

## 1. Allgemeine Uebersicht.

Nach dem Gefüge des Kalksteines und nach den ihn begleitenden Massen sind eine Anzahl Abänderungen desselben zu unterscheiden, die in bald größerer, bald geringerer Mächtigkeit in den verschiedenen Formationen auftreten. Wir ordnen uns dieselben folgenderweise:

I. Kalksteine, die wenig oder gar keine Beimengungen, namentlich von Thon enthalten, wozu gehören:

1. Krystallinisch körniger Kalkstein, auch Urkalk oder Marmor genannt, ohne Petrefacten im Urgebirge auftretend.

2. Dichter Kalkstein, außerordentlich verschieden nach Farbe, Gefüge, Alter, Lagerung und nach den Formationen und den führenden Petrefacten unterschieden als:

a) Grauwacke- (Uebergangs-) Kalkstein,
b) Kohlenkalkstein,
c) Zechsteinkalk,
d) Muschelkalk,
e) Liaskalk,
f) Jurakalk.

3. Erdiger Kalkstein oder Kreide; erdig, weich und abfärbend, weiß bis gelblich, Feuersteinknollen einschließend, in der oberen Kreideformation.

4. Oolithischer Kalkstein oder Rogenstein; dichte oder erdige Kalkmasse, die aus hirsen- oder erbsengroßen, mit Kalk gekitteten Kalkkörnern, dem Fischrogen ähnlich, besteht. Tritt ebenfalls in verschiedenen Formationen auf, namentlich im Zechstein, im Buntsandstein und im Jura.

5. Poröser oder röhriger Kalkstein, auch Kalktuff, Travertin, Duckstein genannt, aus concentrisch schaligen Röhren oder porösen, erdigen Massen bestehend, nicht selten Pflanzentheile einschließend. Er entsteht aus kohlensauren Kalk führenden Wässern.

II. Kalksteine, deren Kalkmasse durch größere Mengen fremder Stoffe, wie Thon, Kieselsäure, Sand, Magnesia, Eisenoxyd ꝛc. abgeändert und gefärbt ist. Hierher gehören:

1. Mergelkalk, ein körniger Kalkstein, der im Tertiärgebirge auftritt.

2. Kieselkalk, dessen Masse mit Kieselsäure imprägnirt ist.

3. Sandkalk (Grobkalk), thonige Kalksteinmasse mit mehr oder weniger Sand vermischt.

4. Dolomitischer Kalkstein, der ein inniges Gemenge von überschüssigem kohlensauren Kalk mit wenig kohlensaurer Magnesia, so daß er von Essigsäure unter Aufbrausen größtentheils gelöst wird. Der Rauhkalk der Zechsteinformation gehört hierher.

5. Stinkkalk, ein beim Zerreiben oder Erwärmen häßlich nach Schwefelwasserstoff riechender Kalkstein.

Die Farbe aller dieser Kalksteine ist ungemein ver-

schieden und durchläuft je nach den färbenden Stoffen und deren Menge die ganze Farbenscala. Zu den Beimischungen gehören Verbindungen der Magnesia, des Eisens, Mangans, der Thonerde und Kieselsäure, organischer Substanzen (Bitumen oder Kohle); die ungleichmäßige Vertheilung derselben bewirkt, daß die Steine häufig bunt, gefleckt, geadert (marmorirt) ꝛc. erscheinen.

Die Textur oder der Bruch und die Schichtung zeigt ebensolche Abweichungen. Bald ist der Kalk grob-, bald feinkörnig und schiefrig; bald läßt er deutlich eine krystallinische Structur, eine zuckerähnliche Masse erkennen, bald ist er dicht. Alle jüngeren Kalkmassen zeigen deutliche Schichtung und wechseln nicht selten mit Schichten anderer Stoffe, wie Thon, Mergel ꝛc. ab. Häufig sind die Schichten durchsetzt von starken Zerklüftungen, Rissen und Spalten. Sie füllen entweder ausgedehnte horizontale oder wellige oder vertiefte Flächen und Becken aus oder sind als Kalkfels aufgerichtet, gehoben, verschoben, an der Oberfläche zerklüftet und bilden dann jene zackigen und zerrissenen Gebirge, Hörner, Nadeln und Grate, wie sie Jedem, der die Kalkalpen besuchte, in der Erinnerung sind. Das atmosphärische kohlensäurehältige Wasser hat hier Verwitterung bewirkt, den Kalk in Lösung fortgetragen und Klüfte und Höhlungen erzeugt. Während nämlich der einfachkohlensaure Kalk in Wasser nur äußerst wenig löslich ist — nach Fresenius bedarf 1 Theil Kalk 10.600 Theile kaltes oder 8800 Theile siedendes Wasser — löst er sich leicht auf, sobald das Wasser kohlensäurehältig, indem sich löslicher doppeltkohlensaurer Kalk bildet. Aus diesem Verhalten erklären sich eine Reihe Erscheinungen, die sich auf die Bildung und Lagerung des Kalkes beziehen. Kommt nämlich solches kalkhaltiges Wasser an die Luft, so verdunstet die

Kohlensäure und dabei auch Wasser, so daß sich wieder unlöslicher kohlensaurer Kalk abscheidet. Daraus erklärt es sich, daß alle Quellen und Flüsse Kalk enthalten. Häufig benennt man den Kalk auch nach den Versteinerungen, welche er führt, und unterscheidet ihn als: Terebratula-, Enkriniten-, Gryphiten-, Belemniten-, Ammoniten- 2c. Kalkstein.

## 2. Entstehung der Kalkgebirge.

Wie bereits früher gesagt worden ist, hat der kohlensaure Kalk eine außerordentlich große Verbreitung nicht allein in den eigentlichen Kalkmineralien, sondern auch in allen Zertrümmerungs- und Zersetzungsproducten der Mineralien, ebenso in der Ackererde, worin er stets anzutreffen.

Die Pflanzen entnehmen dem Boden den Kalk zur Ernährung, welcher bei ihrer Verbrennung in der Asche wieder in Gestalt von kohlensaurem Kalk anzutreffen ist. Im Quell- und Brunnenwasser ist er enthalten, er fehlt nie im Flußwasser und selbst im Meerwasser finden sich Spuren von ihm. Ist der Kalk für die Knochenbildung des thierischen Körpers von Bedeutung, so wird er auch für andere Zwecke des Körperaufbaues vielfach vom Thiere verbraucht. Eine Reihe von mikroskopischen Organismen, ebenso die Korallen, Austern, Muscheln, Schnecken umgeben sich mit einer Hülle oder einem Gehäuse von kohlensaurem Kalk. Bei dieser Verbreitung des Minerals kann es nicht Wunder nehmen, wenn sich Geologen älterer und neuerer Zeit eingehend mit der Frage beschäftigten: Wie ist der in den Kalklagern aufgespeicherte kohlensaure Kalk entstanden? Mit dieser Entstehung verhält es sich — wie bereits in Graham-Otto's Lehrbuch der Chemie zutreffend bemerkt ist*) —

*) Seite 407, Bd. II.

»wie mit dem Ei der Henne«; denn die Fragen, ob bereits mit der Entstehung unseres Planeten kohlensaurer Kalk gebildet wurde, der als Urkalk den in späteren Perioden auftretenden thierischen Organismen zur Aufnahme sich darbot, oder ob aller in der Erde vorhandene kohlensaure Kalk zuerst im thierischen Organismus war und dort aus anderen Kalksalzen entstand, — werden verschieden beantwortet, wenn es auch immer wahrscheinlicher wird, daß aller Kalk, der concretionirte und der krystallinische nicht ausgenommen, nur aus Theilen fossiler Thiere besteht und somit die Alten mit dem Axiome »omnis calx ex vivo« Recht hatten. *)

Wie aus dem Vorkommen des Kalkes in allen Formationen von der ältesten bis zur jüngsten ersichtlich, hat seine Bildung zu allen Zeiten stattgefunden und spielt das Wasser bei seiner Translocation und Sedimentation die hervorragendste Rolle.

Um die Bildung der ungeheuren Kalkmassen in den verschiedenen Formationen der Erdrinde zu verstehen, müssen wir eine Abschweifung in das Reich jener mikroskopischen organischen Wesen machen, welche für die neuere Geologie von ungeheurer Bedeutung geworden sind, weil dieselben einen hervorragenden Antheil an dieser Bildung haben.

Im Jahre 1838, also vor nun vierzig Jahren, erschien von dem 1876 verstorbenen Professor Ehrenberg ein Prachtwerk unter dem Titel: »Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen«. In demselben wurde auf die Organisation jener tief stehenden Lebewesen, welche als Infusorien oder Aufgußthierchen bezeichnet sind, eingegangen und nachzuweisen gesucht, daß dieselben wirkliche Thiere sind.

Es sind dies jene Lebewesen, welche bereits Anton van Leeuwenhoek vor circa 200 Jahren in einem Topfe

*) Vogt, Geologie 1854. I, 188.

Regenwasser entdeckte, und welche, wie später nachgewiesen wurde, über die ganze Erde in allen Gewässern in unglaublicher Masse vorhanden sind. Die gegenwärtige Naturgeschichte bezeichnet sie meist als Urthiere oder Protozoa. Die Kenntniß über das Leben und die Entwickelung dieser Urthiere ist in der Neuzeit sehr erweitert worden; die mikroskopische Forschung hat eine große Zahl der merkwürdigsten und mannigfachsten Formen dieser Urthiere entdeckt und dieselben geordnet. So die Classe der Wurzelfüßer oder Rhizopoden, der Sonnenthierchen oder Heliozoen, der Räderthierchen oder Rotatorien, der Radiolarien, Thalamophoren u. s. w. Haeckel, der seit einer Reihe von Jahren mit Studien dieser Wesen beschäftigt ist, faßt sie alle als »Protisten« zusammen und stellt sie als »Protistenreich« zwischen das Thier- und Pflanzenreich. *)

Die einfachste Form dieser Protisten, z. B. die Amoeben stellen formlose mikroskopische Schleimklümpchen ohne Hülle dar. Diese Gallertklümpchen bewegen sich langsam kriechend im Wasser umher, zahlreiche Fäden, lappen- und fingerförmige Fortsätze fließen aus ihnen hervor, berühren einander und umhüllen dabei kleine Körper, mit denen sie zufällig in Berührung kommen, und ziehen sich, diese mit sich nehmend, wieder zurück. Dieses Klümpchen wächst und zertheilt sich dann in zwei Zellen, deren gesondertes Leben sich in beschriebener Weise fortsetzt. Viele dieser Zellenwesen (Protisten, Zellinge) schwitzen eine Masse aus, die an der Oberfläche ihres Leibes zu einer schützenden Schale erhärtet. Durch Vereinigung vieler dieser Organismen entstehen Colonien, deren Schalen vielkammerige Gehäuse darstellen.

*) Haeckel, Das Protistenreich. Cosmos 1878. April, Mai.

Die formenreichste und für unsere Betrachtung wichtigste Gruppe dieser Protisten sind die Wurzelfüßer oder Rhizopoden, zu denen die kalkschaligen Thalamophoren und die kieselschaligen Radiolarien gehören und welche in allen Meeren in zahllosen phantastischen Formen verbreitet sind. Die Thalamophoren, Kammerlinge oder Kammerthierchen bilden um ihren Leib eine feste, meistens kalkige Schale, bald von einer einzigen Kammer, bald von vielen miteinander communicirenden Kammern. Solche Kalkschalen haben sich seit Millionen Jahren in ungeheuren Massen auf dem Meeresgrunde angehäuft und an der Gebirgsbildung der Erde sich hervorragend betheiligt. Die ältesten aus dem Meere abgesetzten Flötzgebirge, die Urgneiß- und Urschiefer-Formationen, die Uebergangsgebirge, enthalten die Schalen dieser Kammerthierchen, wenn auch in mehr vereinzelten und untergeordneten Massen. Eine mächtige Entwickelung erreichen diese Rhizopoden in der Kreide- und Tertiärperiode und läßt uns jedes kleine Theilchen Schreibkreide unter dem Mikroskop zahlreiche solcher zierlichen Kalkschalen erkennen. »Der Grobkalk von Paris, aus welchem viele Paläste dieser Weltstadt erbaut sind, besteht größtentheils aus solchen Kammerschalen. Ein Kubikcentimeter Kalk aus den Steinbrüchen von Gentilly enthält ungefähr 20.000, ein Kubikmeter demnach 20 Millionen Schalen. Die größten Polythalamien lebten während der ältesten Tertiärzeit, während der Eocän-Periode. Unter ihnen sind die Riesen des Protistenreiches, die gigantischen Nummuliten, deren scheibenförmige Kalkschalen die Größe eines Zweithalerstückes erreichen. Der von ihnen erzeugte Nummulitenkalk, aus dem unter Anderen die ägyptischen Pyramiden gebaut sind, bildet die ungeheuren Gebirgsmassen des Nummuliten-Systems. Dies ist eines der gewaltigsten

Gebirgssysteme der Erde, das von Spanien und Marocco bis nach Indien und China hinüberreicht und an der Bildung der Pyrenäen, der Alpen, des Libanon und Kaukasus, des Altai und Himalaya den bedeutendsten Antheil nimmt. In welchen ungeheuren Massen die Polythalamien auch gegenwärtig unsere Meere noch bevölkern, geht daraus hervor, daß z. B. der Sand der Mittelmeer-Küste an vielen Stellen aus den Schalen lebender Polythalamien-Arten besteht. Max Schultze berechnete ihre Menge in einem Eßlöffel Seesand von Gaeta auf mehr als Hunderttausend. *) — Während die Schalen der Polythalamien aus Kalk bestehen, sind diejenigen der Radiolarien (Strahlinge, Gitterthiere) aus Kieselerde gebildet.

Die Tiefseelothungen, welche Brooke 1853 anstellte, brachten Schlamm aus dem Atlantischen Ocean aus einer Tiefe von mehr als 3000 Meter zu Tage. Dieser Tiefseeschlamm bestand nach Ehrenberg's Untersuchungen fast ganz aus Skeleten von Polythalamien (Globigerinen). Die Tiefsee-Forschungen, welche der Capitän Daymann 1857 im Auftrage der transatlantischen Telegraphen-Gesellschaft behufs Untersuchung des Meeresgrundes anstellte, erbrachten Tiefseeschlamm von den verschiedensten Punkten des sogenannten Telegraphen-Plateaus von Valentia an der Westküste von Irland bis zur Trinity-Bai in Neufundland, und dieser Schlamm bestand hauptsächlich aus Polythalamien (Globigerinen) und wenigen Percenten Radiolarien.

Die Entdeckungen der britischen Challenger-Expedition bestätigten diese Thatsachen auch für andere Meere.

Die mikroskopischen Kalkschalen und Kieselgehäuse dieser Urthiere bleiben nach dem Absterben ihres Bewohners

*) Haeckel, p. 115.

auf dem Meeresgrunde unverändert liegen und häufen sich derartig massenhaft an, daß sie mächtige Schlammschichten werden und im Laufe der Jahrtausende sich zu festem Gestein verdichten. Die mächtigen Kreidegebirge Englands, die sich südlich durch den Canal, durch einen großen Theil Frankreichs fortsetzen, laufen südlich und östlich durch Mitteleuropa und Dänemark, erscheinen wieder in der Krim und Syrien und können bis an die Ufer des Aralsees verfolgt werden.

Neben den genannten Urthieren der Tiefsee sammeln unzählige größere, an den Küsten lebende Schalthiere, die Korallen, Seesterne, Polypen ꝛc., den Kalk in ihren Gehäusen, namentlich in den tropischen Meeren zu beiden Seiten des Aequators, und bilden die Korallenriffe an den Küsten Arabiens, Indiens, Neuhollands. Aehnlich waren sie auch in früheren geologischen Perioden thätig und bildeten jene Ablagerungen von Kalkstein in der oberen Grauwacke-, in der Steinkohlen-, Zechstein-, Muschelkalk-, Jura- und Kreideformation, wie sie in jenen Perioden vorhandene Inseln genannter Formationen riffähnlich umgürteten und jetzt aufgedeckt werden.

Ist so kein Zweifel vorhanden, daß der Kalk der verschiedenen Erdschichten jenen Thieren, also dem Leben entstammt, so ist die Frage nicht abzuweisen: Woher jene Thiere den für ihren Körperbau so nöthigen Kalk genommen, in welcher Weise daraus kohlensaurer Kalk, als welchen uns die Ueberreste ihn bieten, entstand?

Darüber, daß die Thiere den Kalk dem Meerwasser entnahmen und noch entnehmen, kann kein Zweifel bestehen. Das Meerwasser enthält den Kalk in Gestalt zweier Verbindungen, und zwar als kohlensauren und als schwefelsauren Kalk. Der Gehalt an kohlensaurem Kalk ist nach

allen vorliegenden Untersuchungen ein höchst geringer; selbst an kalkigen Küsten beträgt er nach Davy kaum $^1/_{10000}$ des Wassers. Der Gehalt an Gyps — schwefelsauren Kalk — ist, verglichen damit, weit bedeutender und beträgt in 1000 Theilen etwa 1·63 Theile,*) aus beiden Stoffen können sich die Schalen der genannten Organismen gebildet haben. Nach Bischof**) ist der kohlensaure Kalk des Meerwassers die Ursache aller Kalkablagerungen. Nach dieser Ansicht wird der von den fließenden Gewässern dem Meerwasser ununterbrochen zugeführte kohlensaure Kalk von den Thieren aufgenommen und zum Aufbau ihrer Hüllen und Schalen gebraucht. Beim Absterben dieser Thiere und nach Zersetzung der organischen Theile bleibt derselbe als solcher in den Schalen zurück. Senft***) ist der Meinung, daß durch die in jedem Augenblicke entstehenden Verwesungssubstanzen von Meeresthieren Kohlensäure und Quellsäure in großen Mengen entstehen, durch welche sowohl die am Meeresboden wie an den Küsten vorhandenen kalkigen Gesteine zersetzt werden, und deren Kalk in doppeltkohlensauren Kalk übergeführt wird. Diesen nehmen die Meeresthiere auf und benützen ihn zum Aufbau ihrer harten Körpertheile. Die letzteren zerreibt die Meereswoge nach dem Tode der Thiere, bettet das Pulver langsam auf den Meeresboden und unter dem Drucke des Wassers entstehen die Lager von dichtem und geschichtetem Kalksteine. Nur diese Ablagerungen sind geschichtet, diejenigen hingegen, die durch Kalklösungen aus dem Meere direct abgesetzt sind, sind ungeschichtet und krystallinisch.

---

*) Mohr, Geologie.

**) Bischof Chem. Geologie. I. 501.

***) Senft in Lennis Synopsis 1878, p. 181.

O. Volger*) glaubt, der kohlensaure Kalk rühre her von der Zersetzung des Gypses durch das kohlensaure Natron, welches im Blute der Mollusken vorhanden ist, wobei der Schwefel der Schwefelsäure in die wichtigsten Lebensstoffe des Thierkörpers übergehe.

Mohr**) ist ebenfalls der Ansicht, daß aller kohlensaurer Kalk dem Gyps des Meeres entstamme; nach ihm wird dessen Schwefelsäure durch die Meerespflanzen zersetzt, der Schwefel geht in das Albumin der Pflanze über und von da in den Körper der Thiere: der Kalkgehalt des Gypses geht in das Gewebe der Pflanze und mit derselben in das Thier über, in welchem er durch die Respiration Kohlensäure zugeführt erhält und sich als kohlensaurer Kalk in den Schalen anhäuft.

Die Entstehung der krystallinischen Urkalke (Marmor) dachte sich die ältere Geologie derart, daß kohlensaurer Kalk in schmelzflüssigen Zustand gekommen und dann erstarrt sei.

Senft***) erklärt es als nicht unwahrscheinlich, daß nach Bildung der festen Erdkruste durch die Atmosphärilien eine oberflächliche Zersetzung derselben eintrat, dabei eine Lösung von doppeltkohlensaurem Kalk entstand, die ihrerseits auch Silicate der Thonerde, des Kalis, Natrons, Eisenoxyduls mit sich führte. Diese Lösung verlor einen Theil Kohlensäure und bildete einfachkohlensauren Kalk in Gestalt eines zarten krystallinischen Schlammes, der allmälig unter Einschließung der Silicate erstarrte. Die Kalklösung mag mit der Urgneißmasse in mannigfacher Wechselwirkung gestanden haben, ja vielleicht entwickelte sich der Gneiß aus einer die ursprüngliche Erde überdeckenden Kalklösung und

*) Volger, Erde und Ewigkeit, p. 393.

**) Mohr, Geschichte der Erde, p. 46.

***) Lennis Synopsis, p. 749.

drang dann die schlammige Kalklösung in die Spalten und Höhlungen der zuerst erstarrten Gneißmasse ein. Der krystallinische kohlensaure Kalk hat sich wahrscheinlich aus dem dichten Kalkstein erst entwickelt; wenigstens ist diese Metamorphose in verschiedenen Lagern deutlich erkennbar und nachgewiesen, so daß also eine Ausnahmestellung desselben, wie sie die ältere Geologie statuirte, wohl nicht gerechtfertigt erscheint.

Nach Vogt*) lassen die Lagerungsverhältnisse des carrarischen Marmors keinen Zweifel, daß derselbe nur ein umgewandelter sedimentärer Kalkstein und daß das umwandelnde Princip nur das Wasser sei. Ein Gleiches gilt für den zehn Meter mächtigen Kalkgang im Gneiße des Hochstetter Thales bei Auerbach an der Bergstraße.

Wir haben oben, und man thut es in Lehrbüchern noch ganz allgemein, angenommen, daß die dichten Kalksteine (Kreide, Muschelkalk ꝛc.) amorph oder structurlos seien. Nach Beobachtungen von Kennegott und Kaufmann ist indeß diese Annahme nicht richtig. Läßt sich auch an diesen Gesteinen mit bloßem Auge durchaus keine krystallinische Structur wahrnehmen, so zeigt sich doch, wie Kaufmann fand, unter dem Mikroskope jedes Stäubchen derselben krystallinisch. Sogar der weißliche Kreideschlamm der Schweizer Seen besteht in der Hauptmasse aus krystallinischen Körnchen. Die Süßwasserkalke, die Seekreide, die Schreibkreide in England, Frankreich und auf Rügen zeigen nicht weniger diese krystallinische Structur, und Alles berechtigt zu der Annahme, daß sie sich einst im Zustande des Kreideschlammes der Schweizer Seen befanden, wie man solchen durch sehr verdünnte Lösungen von Chlorcalcium und Natronbicarbonat auf chemischem Wege erzeugen

*) Vogt, Geologie. II., p. 270.

kann. Nach Kaufmann dürften die Gesteine also ganz auf demselben Wege durch chemische Niederschläge entstanden sein.*)

## 3. Auftreten des kohlensauren Kalkes in den verschiedenen Gebirgsformationen und Arten desselben.

Nachdem wir so einen allgemeinen Ueberblick über die Kalkarten und die zur Zeit geltenden Ansichten hinsichtlich der Entstehung der Kalkgebirge gewonnen ist es nothwendig, das Auftreten des kohlensauren Kalkes in den verschiedenen Gebirgsschichten in seinen Hauptmomenten specieller zu verfolgen, wobei besonderes Gewicht auf jene Arten zu legen, die eine Ausbeutung gefunden haben und noch finden. Zum Verständniß sei daran erinnert, daß die Geologie die Erdschichten nach Alter, Zusammensetzung und Lagerung, sowie mit Bezug auf die in den geschichteten Gesteinen auftretenden Versteinerungen in eine Anzahl Gesteinsgruppen oder Formationen gliedert, wie sie in folgender Uebersicht aufgeführt sind. In derselben sind die Gesteine in der Reihenfolge ihrer Lagerung von unten nach oben gegeben, also von den älteren bis zu den jüngeren und jüngsten Erdbildungen hinauf und wird auf diese Formationen in den späteren Ausführungen Bezug genommen.

| | | |
|---|---|---|
| I. Azoische Periode (a priv. = un, Zoon, Thier), primitive Formationen, Urgebirge | 1. Urgneiß-Formation | krystallin. Massengesteine |
| | 2. Urschiefer-Formation | krystallin. Schiefergesteine |
| II. Paläozoische Periode (palaios, alt), Uebergangsgebirge, primäre Formation | 3. Uebergangsformation | Silurisches System |
| | | Devonisches „ |
| | 4. Steinkohlenformation | Kohlenkalk u. Culmformat. |
| | | Steinkohlen |
| | 5. Dyasformation | Rothliegendes |
| | | Zechstein |

*) Durch die Ergänzungsblätter 1870, p. 757.

| | | |
|---|---|---|
| III. Mesozoische Periode (mesos, mitten), secundäre Formationen | 6. Triasformation | Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper |
| | 7. Juraformation | schwarzer Jura (Lias), brauner Jura (Dogger), oberer oder weißer Jura (Malm) |
| | 8. Kreideformation | untere Kreide: Neocomien, Gault; obere Kreide: cenomane, turone und senone Kreide |
| IV. Känozoische Periode (kainos, neu) | 9. Tertiärformation (Braunkohlenformation) | untertertiäre (eocene), mitteltertiäre (miocene), obertertiäre (pliocen. Bild.) |
| | 10. Quartärformation | Diluvium, Alluvium. |

## A. Kryſtalliniſch-körniger Kalk, Marmor.

Der kryſtalliniſch-körnige Kalk wird meiſt angetroffen im Ur- und Uebergangsgebirge und heißt Ur- und Uebergangs- oder Grauwacken-Kalk. Das Korn desſelben iſt ungemein verſchieden, ebenſo die Farbe. Urkalk iſt vorherrſchend weiß, gelblichweiß oder grauweiß, von gröberen Verunreinigungen frei, in der Maſſe feinkörnig, zuckerähnlich und aus kleinen, verworren durcheinanderliegenden Kalkſpatkryſtallen beſtehend. Er tritt in Stöcken und Lagern im Urgebirge, alſo im Gneiß, Granit und Glimmerſchiefer auf. Uebergangskalk zeigt ein feinkörniges bis dichtes Gefüge, theils deutlich geſchichtet, theils völlig ungeſchichtet mit muſcheligem, auch ſplittrigem Bruche. Seine Farbe wechſelt in allen möglichen Nüancen. Iſt er einfarbig, ſo ziehen ſich durch die Maſſe häufig hellere oder dunklere eigenthümlich gefärbte Partien in Geſtalt von Flecken, Streifen, Adern.

Die verschiedenen Färbungen rühren von Beimengungen her, als welche zu nennen sind: Magnesia-, Eisen-, Kalksilicate, Apatit, Graphit, Eisen- und Kupferkies, Magnesit, organische Stoffe (Bitumen) u. s. w.

Ist der Marmor schon nicht wetterbeständig, so bewirken diese Beimischungen oft eine noch raschere Verwitterung desselben an der Luft. Die Kohlensäure, welche mit den atmosphärischen Niederschlägen auf die Kalkmasse gelangt, bewirkt deren Ueberführung in doppeltkohlensauren Kalk, welcher vom Regen ausgewaschen wird. Die auflösende Wirkung steigert sich häufig durch Ansiedelungen von Flechten und Moosen im Marmor. Enthält er Eisen, so geht dasselbe in die gelbgefärbte Oxydationsstufe über und bringt nicht nur eine Veränderung der Farbe, sondern auch Lockerung der Textur hervor. In die oft kaum bemerkbaren, durch Lösung und Lockerung entstandenen Vertiefungen dringt immer weiter das Wasser ein und bewirkt durch Gefrieren eine Zersprengung.

Ur- und Grauwackenkalk, sofern sie eine schöne Politur annehmen, einen höheren Grad von Reinheit und schöne Farben zeigen, führen den Namen Marmor.

Homer nennt jeden bearbeiteten glitzenden Stein Marmor und Plinius u. A. verstehen darunter auch andere Felsarten, z. B. die Granite. Die Gegenwart wendet diesen Namen jedoch nur auf die politurfähigen Kalksteine und in noch engerer Begrenzung auf diejenigen des Urkalks an.

Der geschätzteste ist der Statuenmarmor, von den Alten auch Lychnites genannt, weil er nach Varro auf Paros bei Licht unterirdisch gewonnen werden mußte. Im reinsten Zustande ist er schneeweiß und nur große Stücke zeigen andersfarbige Flecken und Streifen. Der blättrige

Bruch des feinen Kornes zeigt einen eigenthümlichen Glanz, die polirte Masse ist in Folge dessen lebendiger als diejenige des Alabasters. Jedoch mit der Zeit nimmt die Maße einen gelblichen Ton an, wie die antiken Statuen, ebenso die Marmorpaläste von Venedig, Genua, Florenz ꝛc. beweisen.

Die griechischen Künstler des altclassischen Zeitalters verarbeiteten zu ihren Kunstwerken und Bauten den parischen und pentelischen Marmor. Den parischen Marmor bricht man auf der Insel Paros, welche zu Dreiviertel aus diesem kostbaren Material und daneben aus Gneiß und Glimmerschiefer besteht. Lange Zeit lagen die Brüche völlig verödet, bis sie in neuerer Zeit durch König Otto wieder eröffnet wurden. Neben ihm stand in hohem Ruf der pentelische Marmor, der aus den Brüchen des Pentelikon (Hymettus) nördlich von Athen gewonnen wurde. Diese Marmorbrüche, aus welchen die Werkstücke zum Baue des Parthenons, der prachtvollen Tempel Attika's hervorgingen und mit für die damalige Zeit ungeheuren Anstrengungen vom Hochgebirge herabgeschafft werden mußten, sind gegenwärtig fast völlig verödet und verlassen. Klöden*) fand in den untersten Steinbrüchen — die der Alten lagen näher dem Gipfel des Berges — drei Steinbrecher und einige griechische Handlanger beschäftigt. Außer diesen Marmorarten waren sehr geschätzt diejenigen von der Insel Thasos im Aegäischen Meere, ebenso derjenige von der Insel Chios.

Die Krone aller Marmorarten seit der römischen Kaiserzeit bis zur Gegenwart ist der Lunensische oder carrarische Marmor, und zwar wegen seiner blendend weißen Farbe, seiner Fleckenlosigkeit, Gleichheit und Härte des

*) Aus allen Welttheilen, 1870, p. 339, 345.

Kornes. Die Marmorbrüche von Carrara liegen auf der Westseite der Apuanischen Alpen zwischen Genua und Pisa; von dem Golfe von Spezia aus kann man von Avenza direct mit der Eisenbahn auf der Strecke Genua-Pisa dahin gelangen. Der carrarische Marmor enthält 0·4% Magnesia.

Die Anzahl der zwar nicht durchgängig im Betriebe stehenden Marmorbrüche beträgt gegenwärtig *) zu

Carrara . . . . 605
Seravezza . . . . 100
Massa . . . . . 180

Der Gestehungspreis pro Kubikmeter ist sehr wechselnd, je nach der Lage des Bruches und der Transportart, wie folgende Tabelle zeigt:

| | 1. Ravaccione (Carrara) Lire | 2. Forno (Massa) Lire | 3. Società Marmorea (Massa) Lire |
|---|---|---|---|
| Grubenkosten . . . . . | 48—96 | 40—70 | 50 |
| Behauen der Blöcke . . . | 10 | 10 | 10 |
| Transport mit Seilen . . | 33—38 | 22 | — |
| » auf der Achse . | 36—40 | 45 | 38 |
| Auf's Schiff bringen . . | 8 | 15 | 15 |
| Weggeld an die Gemeinden | 5 | 3 | 3 |
| Ausfuhrzoll . . . . . | 3 | 3 | 3 |
| Summe der Kosten per Kubikmeter . . . . | 117—200 | 138—168 | 119 |

Werden die Marmorsorten am Hafen oder bei einem Bahnhofe abgeliefert, so stellt sich der Preis pro Kubikmeter folgenderweise:

*) Illustrirte Gewerbeztg. 1871, S. 194. Zeitschr. d. Architekt.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1872, S. 136.

| | Mark |
|---|---|
| Ordinario (bläulich, krystallinisch, zu Platten, Säulen, Kamingesimsen 2c.) | 72—81 |
| Bianco Chiaro III (krystallinisch, Marmor von Carrara zu Sculpturen und der Luft ausgesetzten Bildsäulen) | 110—130 |
| Bianco Chiaro II (ebenso) | 130—170 |
| Bianco Chiaro I (ebenso) | 170—200 |
| Bardiglio (dunkelbläulich mit schwarzen Adern) | 120—170 |
| Statuario venato (Bildsäulen-Marmor mit schwarzen Adern) | 160—200 |
| Statuario (Carrara) in Blöcken von höchstens 1 Kubikmeter | 300—600 |
| Statuario (Carrara) in Blöcken von mehr als 1 Kubikmeter | 600—900 |
| Statuario di Falcovaja (M. altissimo) kleine Blöcke | 600—900 |
| Statuaria di Falcovaja (M. altissimo) große Blöcke | 900—1500 |
| Bardiglio fiorito (Grund aschfarben mit schwarzen Adern im Zickzack) | 360—450 |
| Mischio di Seravezza (roth-violett gefärbt, Säulen der neuen Oper in Paris) | 500 |
| Breccia africana (Breccie) | 700 |

Die Hälfte der ganzen jährlichen Production geht nach Amerika und den Colonien, ein Sechstel nach England, der Rest in die anderen Länder Europas. Der ganze jährliche Ertrag beträgt circa 16 Millionen Mark.

Der bunte Marmor (versicolor) ist ein dichter Kalkstein mit flachmuscheligem Bruch, der weit häufiger angetroffen wird. Er wird von den Künstlern nach seiner Farbe bezeichnet, und zwar:

weißer Marmor, Marmor bianco,
schwarzer » » nero,
rother » » rosso,

grüner Marmor, Marmor verdello,
gelber » » giallo.

Zuweilen setzt man dem Namen noch den Fundort zu, und falls dieser nicht bekannt, wie bei den Alterthümern Griechenlands und Italiens häufig ist, den Namen antico. Häufig sind die Marmore mehrfarbig und mit Wolken, Streifen oder Adern durchsetzt und werden dann als geadert, gebändert, gestreift, gefleckt ꝛc. bezeichnet. Enthält die Masse größere scharf begrenzte, eckige Brocken und Trümmer eingesprengt, so heißt sie Breccia-Marmor; sind dieselben klein, Brokatell-Marmor; bestehen sie in Muscheln, Lumachel-Marmor.

Der in Deutschland im Urkalk auftretende Marmor zeigt gewöhnlich dunklere Farbe. Der beste ist der schlesische von Habelschwert und von Prieborn bei Strehlen, welcher in der Architektur vielfach Anwendung findet. Marmor des Grauwackengebirges tritt in Bayern auf im Bayreuther Gebiete (Hof, Stadtsteinach), am Harze bei Blankenburg, in der Rheinprovinz bei Aachen, in Westphalen bei Arnsberg, in Schlesien bei Groß-Kunzendorf und bei Kaufung, in Sachsen-Meiningen und Coburg.

Die Marmorbrüche des österreichischen Kaiserstaates hat W. Bäumer zusammengestellt, der überdies auch eine sehr lesenswerthe geschichtliche Skizze über die Verwendung des Marmors in der Architektur lieferte. *) Wir lassen das Wichtigste aus dieser Zusammenstellung hier folgen:

### I. Kärntner Marmor.

1. Bruch Krasthal, blaugrauer Marmor, jährlich über 100.000 Kubikfuß. Kann zu Stiegenstufen, Thürgewänden,

*) Zeitschr. d. niederösterr. Gew.-Ver. 1875, p. 410, 424. Auch „separat" erschienen.

Säulen bis zur Höhe von 9 Fuß und 18 Zoll Durchmesser ꝛc. verwendet werden. Platten bis zu 80 Quadratfuß sind zu bekommen.

2. Bruch Treffen, weißer Marmor, jährlich 80.000 Kubikfuß. Man bekommt bis jetzt Stücke in einer Länge von 18 Fuß und $^{24}/_{48}$ Zoll Dicke und Breite.

3. Bruch Poertschach, weißer Marmor. Quadern bis zur Größe von 30 Kubikfuß. Platten bei einer Dicke von 6 Zoll bis zu 30 Quadratfuß, besonders verwendbar zu Pflasterungen, Sockelplatten und Thürgewänden ꝛc.

### II. Tiroler Marmor.

1. Bruch Sterzing. Dieser Stein eignet sich vorzüglich zu Treppenstufen.

### III. Vorarlberger Marmor.

1. Bruch Bludenz, schwarzer Marmor, jährliche Ausbeute 3—4000 Kubikfuß in Blöcken und circa 1000 Quadratfuß Platten. Kommt in Stücken von nur einigen Fußen bis zur Größe von 50—60 Kubikfuß und 1—3 Zoll dick vor. Wird zu Grabsteinen und verschiedenen Bauzwecken verwendet.

2. Bruch Bludenz, rother Marmor. Grabsteine in Bludenz aus diesem Marmor.

3. Bruch Klosterthal, rother Marmor.

### IV. a) Trientiner und italienischer Marmor.

1. Bruch al Castello, rother Marmor, jährlich 7000 Kubikmeter. Schöne rothe Farbe, sehr witterungsbeständig, geeignet für jede Arbeit, insbesonders für große Säulen, Sockel, Stufen ꝛc.

2. Bruch ai Capucini, weißer Marmor, jährlich 7000 Kubikmeter.

3. Bruch ai Giardini, weißer Marmor, jährlich 5000 Kubikmeter. Lichte weiße Farbe, sehr compact, witterungsbeständig, in Schichten bis 5 Fuß Höhe. In Dimensionen bis 40 Fuß Länge, 5 Fuß Höhe für Säulen, Stufen, Platten und Postamente.

4. Bruch S. Martino, rother Marmor, jährlich 5000 Kubikmeter.

5. Bruch ai Capucini, weißer und rother Marmor, jährlich 3600 Kubikmeter.

6. Bruch ai Capucini, weißer und rother Marmor, jährlich 3000 Kubikmeter.

7. Bruch in Melta, rother Marmor, jährlich 700 Kubikmeter.

8. Bruch a Cognola, jährlich 700 Kubikmeter.

9. Bruch bei Mori, gelber Marmor, jährlich 6000 Kubikmeter. Schöne gelbe Farbe, compact und beständig; kommt in Schichten bis 4 Fuß dick vor. Geeignet für jede Arbeit, jedoch nur bis 10 Fuß Länge.

10. Bruch bei Mori, gelber Marmor, jährlich 3000 Kubikmeter.

### IV. b) Trientiner Marmor.

1. Bruch bei Trient, hellrother Marmor. Größe der Quadern bis 80 Kubikfuß. Größe der Platten bis 60 Quadratfuß.

2. Bruch bei Lofern, rother Marmor. Größe der Stücke bis 60 Kubikfuß.

### V. Istrischer Marmor.

1 (z). Bruch bei Grisignano, grauer Marmor mit Variationen in's Gelbliche. Eignet sich vorzüglich für Quaderarbeiten und ist in allen Dimensionen zu haben.

1 E. Bruch bei Grisignano, grauer Marmor mit Variationen in's Gelbliche. Ist zu haben von 8—18 Zoll Stärke.

2 E. Bruch bei Grisignano, grauer Marmor mit Variationen in's Gelbliche. Ist aus demselben Bruche wie Nr. 1 E, jedoch härter und etwas marmorirt, und ist in einer Stärke bis 3 Fuß zu haben. Die Länge nach Bedarf.

1 B. Bruch bei Grisignano, grauer Marmor mit Variationen in's Gelbliche. Ist geeignet für Stufen, Podeste, Balconplatten. Der Bruch ist in Schichtenhöhen von 2 Zoll bis 4 Fuß getheilt, lang, über 40 Quadratfuß. Quantum nach Bedarf. Steingattung gleich vorzüglich.

### VI. Mährischer Marmor.

1 A. Bruch Satinsli, sechs Stunden von Hollein, gelblich. Geeignet für Quaderarbeiten, Verkleidungsstücken, Säulen ꝛc. und ist in allen Dimensionen zu haben.

### VII. Salzburger Marmor.

1. Urbanobruch, weißgelb bis rosa, theilweise bräunliche Moosfaserchen.

2. Tropfmarmor-Bruch, weißlichgelb, Uebergang aus Urbano, variirend in leberfarbig, feurigroth und grün mit Tropfen.

3. Scheckmarmor, roth, braun und weißgescheckt, grau weißgescheckt mit blauen Einsprengungen.

Alle drei Brüche hängen zusammen, indem eine ganz aus Marmor bestehende Bergkuppe von verschiedenen Seiten aufgedeckt wurde. Ihre Ergiebigkeit ist daher eine nahezu unbegrenzte. Das Gestein bildet compacte Massen.

Es können aus vorstehenden Marmorbrüchen Blöcke in jeder Dimension geliefert werden.

Der Marmor ist sehr hart und nimmt eine vorzügliche Politur an, weshalb er in erster Linie zu Gewänden,

Säulen ꝛc., dann auch zu Baluſtren, Stiegen verwendet wird. In Verbindung mit den rothen, weiter unten folgenden Marmorn erſcheint Scheck und Urbano häufig an den Werken der älteren Kirchenbaukunſt und überhaupt zur Innendecoration verwendet.

4. Muſchelkalk-Marmor, grau mit feinen weißen Muſcheln und rothen und weißen Aederchen. Großer Kalkberg. Es können Blöcke in jeder Dimenſion geliefert werden.

5. Lienbacher Schnöll-Bruch, hellroth mit feinen, ſchwarzen Maſern.

6. Motzau-Bruch, braunroth bis dunkelbraun mit eingeſchloſſenen weißen Zähnen, Muſcheln ꝛc.

7. Langmoos, rothbraun, ähnlich dem Schnöll.

Einander benachbarte Brüche, die ſich horizontal ſehr weit erſtrecken, in der Tiefe jedoch beſchränkt ſind — auf circa zwei Klafter.

Die Schichten ſind bis $2^1/_2$ Fuß dick. Es können Platten und Säulen bis zu obiger Dicke in jeder Dimenſion, die praktiſch vorkommt, aus den Brüchen geſchafft werden.

Vorzügliche Politurfähigkeit und helle Farbe befähigen dieſe Marmore zur Verwendung für Decoration im höchſten Maße; es werden Säulen, Platten, Stiegenſtufen, Podeſte, Gewände ꝛc. ꝛc. aus denſelben erzeugt.

### VIII. Kärntner Marmor.

Bruch Seebichl bei Glandorf. Bruch bei St. Veit, zwei Stunden vom Stationsplatze Glandorf entfernt, weißer und roſenrother Marmor (Urkalkſtein). Nach Bedarf, da derſelbe in mächtigen ganzen Bänken auftritt. Platten, Säulen, Quadern ſind von dieſem Stein in allen Größen zu haben.

### IX. Stopnik-Tolmeiner Marmorwerke.

Diese Brüche liegen im Küstenlande, Bezirkshauptmannschaft Tolmein. Entfernung von Tolmein 2 Meilen, von Kirchheim $1^1/_4$ Meile, an der guten Poststraße, zur Eisenbahnstation in Görz sowohl als zur Eisenbahnstation Lak in Krain verfrachtbar. Entfernung von Wien 68 Meilen. Diese Brüche haben in ihrem ganzen Vorkommen eine Ausdehnung von ungefähr 100.000 Quadratklafter, beherrschen einen ganzen Berg in einer Höhe von 150 Klafter und in einer Breite von 200 Klafter. Der Abbau ist kein schwieriger, da man an der Sohle des Berges begonnen hat und leicht dadurch die höheren Schichten gewinnt und außerdem an der Sohle Blöcke jeder Dimension zur Verarbeitung vorhanden sind.

Dieser Marmor ist ein Conglomerat und gehört in das Reich der Breggien. Bis jetzt einzig in seiner Zusammensetzung durch seine Farbenpracht und compacte Bindung. Die in demselben vorkommenden Gesteine bestehen aus: Jaspis, Porphyr, Achat, Carniol, Quarz und kohlensaurem Kalk, das Bindemittel ist bituminöser Kalk, grüner Serpentin, und da die Zusamensetzung sowohl in Farbe als Größe der darin vorkommenden Steine wechselt und letztere in jeder Façon auch sortirt werden können, so ähnelt derselbe dem Mosaik und wird auch als Natur-Marmor-Mosaik betrachtet nnd bezeichnet.

Was die Leistungsfähigkeit anbelangt, so können alle möglichen Anforderungen gestellt werden, da der Bruch und das Lager ergiebig sind und im Gebrauchsfalle noch nach mehreren Seiten die Brüche geöffnet werden können. Was die Dimensionen anbelangt, können Stücke dermalen in einer Länge von 2 bis 3 Meter und in einer Stärke, respective

Breite von 1 bis 2 Meter gewonnen werden, doch wenn man nach dem Innern der Brüche gehen würde, so ist es beinahe als sicher anzunehmen, daß die doppelte Dimension von den oben erwähnten in einem Stücke zu gewinnen wäre. Am Tage liegen dermalen von der Natur selbst ausgebrochene Blöcke bis zu einer Größe von sogar 30 Kubikmeter, die jedoch zu ihrer Verwendung sortirt und gespalten werden müssen.

Bis jetzt fand dieses wahrhaft schöne Gestein noch wenig Anwendung, da es durch seine Lage als eingeschobener Kegel zwischen Dolomitbergen fast ganz den Augen der Naturforscher entzogen war und als ein ganz neu entdecktes Marmorlager zu betrachten ist. Was die Eignung in seiner Anwendung anbelangt, ist der Stein vermöge seiner Schönheit zu feineren Arbeiten geeignet, läßt sich gut bearbeiten in jeder Weise und ist als Verkleidung, zu Säulen, Tischplatten, Balustres, Brunnenmuscheln, Fußbodenplatten sowohl als in der Construction sehr gut verwendbar, indem derselbe eine Belastung von mindestens 50 Centner per Kubikzoll gut aushält.

Nicht unerwähnt kann gelassen werden, daß dieses Gestein in dortiger Gegend zur Zeit der Römer Anwendung gefunden hat, wovon sich noch einzelne Fragmente im Besitze des Grafen Carcarini in Görz ganz gut erhalten vorfinden sollen. Ferner wurde dasselbe vor älteren Zeiten, wie auch dermalen noch, zu inneren Kircheneinrichtungen, sowie zu Grabsteinen verwendet.

### X. Nabresina-Marmor.

Bruch Nabresina. Dieser Marmor ist von mehr weißer Farbe als Grund und hat ein gräulich-braunes Korn. Der Nabresina-Stein ist kennbar von jeder anderen

Steingattung durch sein feines Korn. Der Stein hat eine bedeutende Widerstandsfähigkeit.

Die Leistungsfähigkeit nach Bedarf. Es sind derzeit zwei große Steinbrüche im Betriebe, wo mit Kranichen und Maschinen gearbeitet wird; nach Bedarf werden mehr Arbeitskräfte eingestellt, so daß jede größere Arbeit und Lieferung übernommen werden kann.

Der Nabresina-Stein kann zu jeder wie immer genannten Bauarbeit verwendet werden, besonders aber zu Stiegenstufen und Podesten in allen Größen und Stärken; Stiegenstufen bis vier Klafter Länge, ferner Balconplatten bis sechs Klafter Länge und sechs Fuß breit; ferner zu Marmor-Badewannen für Bäder ꝛc. ꝛc.; für Steine, die außerhalb verwendet werden und der Witterung widerstehen müssen, wird aus einer besonderen Schichte gebrochen, und zwar ist dieser Nabresina-Stein mehr feinkörnig und dunkler. Derselbe widersteht vollkommen.

### XI. Stein-Gewerkschaft in Arch [Krain] (Pariser-Stein).

Der Steinbruch liegt im Herzogthume Krain, Bezirkshauptmannschaft Gurkfeld, an einer guten Bezirksstraße; zur Eisenbahnstation Videm-Gurkfeld eine Entfernung von zwei Stunden. Bei Videm-Gurkfeld ist die gut erhaltene Savebrücke zu passiren. Die Entfernung von Wien ist 57 Meilen. Dieser Bruch hat eine noch nicht bestimmte Ausdehnung, da der ganze Berg aus diesem Stein besteht. Der Abbau ist leicht, da von der Sohle des Berges aus mit den Bucharbeiten begonnen wurde. Der Bruch hat bereits eine Höhe von 8 Meter, ist vollkommen compact und ohne Lassen. Die Bruchmanipulation basirt bei dieser Gattung Stein auf dem sogenannten Canal-System, wobei Blöcke bis 1000 Kubikfuß mittelst amerikanischen Schraubenwinden umge-

worfen werden, um sodann nach bestimmten Dimensionen gespalten zu werden.

Sandstein mit sehr feinem Gefüge, hie und da kleine Muscheln enthaltend. Dieser Stein läßt sich mit einem billig im Handel vorkommenden Mittel imprägniren und wird sodann härter und polirbar; er hat übrigens die Eigenschaft, aus dem Bruch und einige Zeit darnach ziemlich weich zu sein und wird später, der Luft und dem Regen ausgesetzt, ziemlich hart.

An die Leistungsfähigkeit dieses Bruches können die größten Anforderungen gestellt werden, da der Bruch sich dem Bedarf entsprechend vergrößern läßt. Man ist im Bedarfsfalle im Stande, bis 4000 Kubikfuß per Arbeitswoche an Quadern herauszubringen. Was die Dimensionen betrifft, so sind selbe unbegrenzt, da jede Dimension erzeugt werden kann, soweit selbe auf Fuhrwerken und Eisenbahnen transportabel ist.

Die figuralischen Ausschmückungen von Façaden ꝛc. sind von diesem Stein billig, schön und dauerhaft herzustellen, ebenso Quadern mit verschiedenen Bildhauerarbeiten.

Der Marmor, besonders der weiße feinkörnige, ist unstreitig das edelste Material für Kunstwerke, weil es in der Form dem Ausdrucke des künstlerischen Gedankens am nächsten tritt und in der Farbe, dem die seelische Stimmung vorzugsweise anregenden Element, allen Anforderungen entspricht, welche der bildende Künstler an ein derartiges Material stellen muß. Hierzu kommt noch, daß es in hohem Grade Festigkeit, Structur, Feinheit, Weiße und Glanz zeigt, Gründe genug, weshalb es von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart mit Vorliebe zu Kunstwerken und architektonischen Werken Anwendung gefunden und noch findet. Leider verbieten ein hoher Preis, sowie der Umstand, daß

der Marmor dem wechselnden nordischen Klima nicht hinreichenden Widerstand zu leisten vermag, seine ausgedehntere Anwendung. Die Kohlensäure der Luft gelangt mit den wässerigen Niederschlägen auf die Marmorwerke, bildet doppeltkohlensauren Kalk und dieser wird vom Regenwasser ausgewaschen. Die Rillen, Rinnen, Vertiefungen bewirken Eindringen des Wassers und Gefrieren desselben im Winter, Ansiedelung von Moosen und Flechten, welche an der mechanischen und chemischen Zerstörung mitarbeiten und bald ein Abbröckeln, Abblöcken und Zerfallen desselben herbeiführen. Ist Eisen vorhanden, so oxydirt sich dasselbe und bewirkt eine Farbenänderung und Lockerung.

## B. Dichter Kalkstein.

### 1. Grauwackenkalk (Uebergangskalk.)

Dichter Kalkstein tritt im silurischen Gebiete der Grauwackengebirge in mächtigen Ablagerungen auf; bisweilen ist er krystallinisch-körnig, meist grau, auch durch reichliche Bitumen schwarz gefärbt; öfter hellgrau, gelbgrau bis weiß, braun, braunroth, bläulich, bläulichgrün, mannigfach gefleckt und geadert, auch durch weiße oder röthliche Kalkspathadern. Mit ihm vergesellschaftlicht erscheint nicht selten krystallinisch-körniger, gelblich gefärbter, zerklüftet und zackig zu Tage tretender Dolomit.

In England gehört der Silurformation an der sogenannte Wenlock-Kalkstein in Südwales, Shropshire, Herefordshire; in Norwegen der Malmökalkstein, mergeliger Kalkstein; in Rußland die sandigen und dolomitischen Kalksteine von Ehstland und Livland; in Nordamerika der Tentaculiten-Kalkstein in New-York; in Böhmen der kieselige und der dunkelgefärbte Kalkstein von Bischofteinitz bis Prag.

In der devonischen Formation treten die kohlensauren Kalke in weit größerer Mächtigkeit und Ausbreitung auf, theils in dünnen Lagen zwischen dem Thonschiefer, theils als Kalkthonschiefer — Schiefer-Kalksteine, besonders aber in der oberen Etage in bedeutenden Stöcken und Lagern, die nicht selten zerklüftet und von gewaltigen Höhlen durchzogen sind. (Biels- und Baumannshöhle bei Rübeland am Harz, Dehenhöhle bei Letmathe in der Umgebung des Lennethales in Westphalen.)

Sie zeigen ein krystallinisches bis dichtes Gefüge, sind bläulichgrau, hellgrau, auch ockergelb, braun, braunroth gefärbt und geädert; sie bestehen aus einem innigen Gemenge von erdigem Kalkstein mit Kalkspathkrystallen. Häufig gehen sie in Mergel und Dolomit über. (Eifel, Lahnthal.)

Hierher gehören die Eifel-Kalksteine links vom Rhein, in der Gegend von Hildesheim, Prüm; dann der Nieren-Kalkstein, Elberfelder Kalkstein auf der rechten Rheinseite von Düsseldorf bis Iserlohn, der Kramenzel-Kalkstein in Westphalen und Nassau, der Stringocephalen- und Kramenzel-Kalk des Nordwestharzes, die Stringocephalen-Kalke in Devonshire, ebenso in Belgien.

Frankreich *) besitzt zahlreiche Marmorbrüche in den Departements der oberen Alpen, des Arriège, des Herault, des Tare, Isère und des Doubs; in den Departements der niederen Pyrenäen, in Corsica und Algier.

England weist durch Härte ausgezeichnete Marmorarten in Devonshire, Derbyshire, Westmoreland, den schottischen Inseln, Irland (Kilkenny und Galway) auf.

Belgien besitzt die Brüche von St. Gerard, Denée und Dinant, Provinz Namur, aus denen die sogenannten deutschen oder Brabanter Marmore kommen.

*) Rondelet's l'art de batir, tom. I.

Onyx-Marmor (Marbre Onyx) *) nennen die französischen Marmorschleifer einen Kalksinter, welcher in der Provinz Oran in Algier, bei Ain Lekbalek und Nemours angetroffen und in Paris zu Kunstgegenständen verarbeitet wird. Dieser Kalksinter besteht aus einer durchscheinend weißen Grundmasse, die zuweilen grün, röthlich, gelbbraun gefärbte und achatartig gebändert ist und sich außerordentlich gut zur Darstellung von Gewänden von Bronzefiguren eignet.

Dieser Onyx-Marmor führt in Aegypten den Namen orientalischer Alabaster und wird seit Alters her gewonnen 25 Meilen südlich von Cairo bei Beni-Souef, sowie in noch besserer Qualität in dem kürzlich von Selim-Pascha entdeckten Bruche von Syout. Aus Beni-Souef stammt das Material, welches zum Bau der neuen Moschee, der Citadelle von Cairo, sowie für die prachtvollen Monolithsäulen, ein Geschenk für den Papst, die sich in der St. Paulkirche außerhalb der Mauern befinden, gebraucht wurde.

Der Alabaster von Syout zeigt eine gelbliche Farbe, mit einem Stich in's Graue und mit weißen Adern und Wolken durchsetzt. Auf der Pariser Ausstellung (1867) befand sich eine Fellahstatue aus solchem Alabaster von M. Cordier zum Preise von 15.000 Francs.

Der schönste Onyx-Marmor ist der persische; weiß, durchscheinend mit Adern netzförmig durchzogen, wird er namentlich zu Schaalen und anderen kleinen Gegenständen verarbeitet. Dieser Marmor heißt bei den Persern Senghe märmär Maraghëi, d. h. Marmorstein aus

*) Bericht über die Weltausstellung zu Paris 1867, herausgegeben vom österr. Central-Comité. Bd. III, S. 55.

Maragha. Derselbe soll eine Tagereise von dem am Urmiasee gelegenen Orte Maragha bei dem Dorfe Adscheb schir (wunderbare Milch, nämlich Kalkmilch) vorkommen und sich durch Niederschlag aus einer Quelle bilden. Es entstehen circa 1 Fuß dicke Lagen; künstliche Quadern erhält man dadurch, daß man das kalkhaltige Wasser durch viereckige Formen fließen läßt, worin sich dann der Kalk niederschlägt.

### 2. Kohlenkalk.

Die Steinkohlen-Formation besteht in ihren unteren Lagen theilweise aus Kalkstein und Dolomit, auch Gyps.

Mit Bezug auf seine Bildung ist der Kohlenkalk zu unterscheiden als Meereskalkstein, auch Kohlenkalkstein, Bergkalkstein genannt, und als Süßwasserkalkstein. Jener ist ein Meeressediment, daher reich an Versteinerungen von Meeresthieren, dieser an Süßwasserthieren. Beide treten in sehr verschiedenen Farben, gewöhnlich in dichten, seltener in krystallinischen Massen auf, und zwar in dem Steinkohlengebiete. Kohlenkalkstein bildet im südlichen und mittleren England mächtige Lager, tritt dann im Ruhrgebiete (Westphalen) bei Ratingen bis nördlich vor Elberfeld auf.

### 3. Dyaskalk.

Im Rothliegenden der Dyas-Formation treten Einlagerungen von dichtem Kalkstein auf, in Böhmen (Braunau, Trautenau), in Sachsen bei Chemnitz. Im Zechstein liegt der Zechsteinkalk in verschiedener Farbe und Dicke; der Stinkkalk. Dieser letztere ist ein gewöhnlich poröser, selten ganz dichter Kalkstein, der so von Schwefelammonium durchzogen ist, daß er beim Reiben unangenehm riecht. In anderen Gebieten tritt auch der Rauchkalk auf, ein dolomitischer Kalkstein.

Zechsteinkalk tritt auch an den Abhängen des Thüringer Waldes, im Mannsfelder Becken, in Hessen bei Riechelsdorf, im Elsterthale bei Gera, in England in den Grafschaften Durham und Northumberland auf.

#### 4. Triaskalk (Muschelkalk).

Das für uns wichtigste Glied der Trias ist die Muschelkalk-Formation, welche vorherrschend aus einem marinen Kalksteine, aus Mergeln und Dolomiten gebildet ist. Die Arten der hier auftretenden Kalksteine sind sehr zahlreich. Senft*) unterscheidet die in Deutschland auftretenden als: Wellenkalk, Schaumkalk und eigentlichen Muschelkalk.

Der Wellenkalk ist ein erdiger bis dichter und schiefriger, verschieden gefärbter, meist bituminöser Kalkstein, der wellige oder runzlige Schichtungsflächen zeigt und im nordwestlichen Deutschland eine ziemliche Mächtigkeit erreicht. Der Schaumkalk liefert beim Zerschlagen und Zerreiben ein Mehl von verschiedener Färbung, schließt zahlreiche Versteinerungen ein und lagert in der Regel auf dem Wellenkalk. In größerer Ausdehnung tritt er auf bei Rüdersdorf in der Nähe Berlins. Am wichtigsten ist der eigentliche Muschelkalk, ein erdig dichter, auch deutlich krystallinischer, sehr verschieden gefärbter, gefleckter und geaderter Kalkstein, der meist einen flachmuscheligen Bruch zeigt und häufig in Folge größeren Kieselsäuregehaltes sehr hart ist. Er lagert über dem Wellen- und Schaumkalke, erreicht vielfach bedeutende Mächtigkeit und wird von Schichten durchsetzt, die äußerst reich an Petrefacten sind, z. B. Terebratulen, Trochiten und Lineaten,

*) Synopsis, S. 962.

auch aus hirse- bis linsengroßen, concentrisch schaligen Körnern, Oolithen, bestehen.

Sie treten vergesellschaftet auf mit Mergeln, Dolomit und Gyps.

Die Muschelkalk-Formation breitet sich besonders entwickelt aus in:

Oberschlesien zwischen Oder und Malapane über Tarnowitz bis Krakau, bei Bunzlau, Provinz Brandenburg bei Rüdersdorf bei Berlin. Der Kalkwerkbetrieb zu Rüdersdorf wird seit Jahrhunderten betrieben.

Früher wurde der Kalk nur durch Tagebau gewonnen, gegenwärtig auch gleichzeitig durch Tiefbau. Das Kalklager, dessen Brüche im Besitze des Fiscus und der Stadt Berlin sind und unter einer 1855 vertragsmäßig festgesetzten Abgabe von vier Percent des Ertrages an letztere vom Staate allein betrieben werden, erwies sich namentlich in seinen mittleren Lagen, die als starke Bänke auftreten, aus denen man Werksteine und Brennkalk gewinnt, als bauwürdig.

In der Lagerung lassen sich drei Abtheilungen unterscheiden: Zu oberst thonige, rauchgraue Lagen, abwechselnd mit erbsgelben, bis zu einer schaumigen Schicht mit vielen Versteinerungen; dann die mittlere, über $2^1/_2$ Meter mächtige Hauptschicht von dunkelerbsgelber Farbe, unebenem Bruch, fein, porös, ruhend auf Bänken, die von den Arbeitern als kuglige, motzige, modige, muschlige und gnatzige unterschieden werden. Die unterste Lage endlich beginnt mit Wellenkalk, erst gelb, dann blaugrau, schließlich in Gyps und Mergel übergehend, welche bereits zur Sandstein-Formation gehören, welche das Liegende bildet.

Nordwestliches Deutschland: Braunschweig (Bode, Holzemme, Ilm), Hannover (Leinethal, Göttingen), Weserthal, Teutoburger Wald.

Thüringen: bei Halle über Merseburg, bis Gotha, Erfurt und Eisenach.

Süddeutschland: vom rothen Main bis Schweinfurt, südlich über Würzburg in das Gebiet von Jaxt und Kocher, Quellen des Neckar und der Donau.

Das Gebiet der Centralalpen-Kette ist am Süd- und Nordabhange von einer breiten Zone von Gebirgsketten umlagert, die zur Hauptsache aus Kalken und Dolomiten der Trias bestehen.

Die Kalksteine der Alpen rechnete man früher zu den älteren Grauwacken- und Zeichsteingebilden und erkannte erst neuerlich, daß sie jünger seien und zu der Trias-, Jura- und Kreide-Formation gehören. Man faßt sie häufig zusammen unter dem Collectivbegriff Alpenkalke. Dieselben sind, wie nach ihrer Entstehung und Lagerung nicht anders zu erwarten, in ihrer Zusammensetzung ungemein verschieden, selten rein, meistens mit Thon-, Magnesia-, Kiesel-, Eisenverbindungen ꝛc. vermischt und erhalten die verschiedenartigsten Färbungen. Diese Alpenkalke verbreiten sich in außerordentlichen Massen von der Schweiz bis östlich an die Donau hin, zu beiden Seiten um die Centralkette der Alpen und bilden oft wilde, zerklüftete Formen. Ihre Ausnützung zu Bausteinen, Trottoir-, Tisch-Verkleidungsplatten, Kaminen, Futtertrögen, Wasserbehältern ꝛc., ebenso diejenige eingelagerter Marmorarten (Füßen, Tegernsee, Untersberg), diejenige der gewöhnlichen Sorten zum Kalkbrennen ist in den verschiedenen Ländern eine ungemein große.

So lagern in Salzburg und im nördlichen Tirol auf dem unteren Triasgebiete, einem dünnschichtigen Buntsandsteine, nach dem Orte Werfen Werfener Schichten genannt, Kalkablagerungen bis zu 300 und mehr Meter Mächtigkeit, die aus einer dunkelgrauen oder schwarzen Masse von dünn-

schichtigen Kalksteinen bestehen, von weißen Kalkspathadern durchzogen sind und nach Guttenberg, nördlich vom Schneeberg, auch Guttenberger Kalk benannt werden. In Südtirol treten sie im Gaderthale bei Campil als Campiler Schichten auf. Der ganze nördliche Kalkalpenzug vom Rheinthale bis nach Wien hin zeigt dann über jenen Werfener und Guttenberger Schichten die sogenannten Virgloria-Kalke (aus dem Virgloria-Passe im Rhätikon), dann darüber und ebenso in Südtirol die Halobiaschichten (nach Versteinerungen der Halobia Lommelii so genannt), aus grauen bis schwarzen, mergligen oder oolithischen Kalksteinen und dunkelbraunen bis schwarzen bituminösen Mergelschiefern bestehend, von 30 bis 100 Meter Mächtigkeit, die braunen Kalkschichten von Cipit an der Seißer Alpe, ebenso die von St. Cassian (Cassianer Schichten). Darauf liegen in Nordtirol, Bayern und Salzburg die Cephalopodenkalke und Mergel, als Partnachschichten bekannt; in Vorarlberg die 100—400 Meter mächtigen Arlberger Kalke; östlich davon in Tirol, den bayerischen Alpen (Zugspitze, Berchtesgaden) die krystallinisch körnigen bis dichten Wettersteinkalke; weiter östlich in Salzburg und im Salzkammergut, im Salzburgischen bis Kufstein in Tirol die Hallstädter Kalke. Die Mächtigkeit der letzteren steigt bis zu 1000 Meter; dieselben sind dicht, sehr verschieden gefärbt, oft marmorirt und dolomitisch.

In Kärnten liegen die bräunlich gefärbten Mergelkalke, die als Raibler Schichten bekannt sind.

Auf den Kalkschichten der genannten nördlichen Zone tritt dann in einer Mächtigkeit bis 1500 Meter der Dachstein-Kalk auf. Derselbe ist am massigsten entwickelt und durchstreicht Oesterreich, Salzburg und Steiermark, ist gelb-

lich grau, auch weiß, dicht bis feinkörnig und bildet die langen, steilen, wellenförmigen Riesenketten mit den schroffen und zackigen Alpenspitzen, Pyramiden, Hörnern — von Wien an über Guttenberg, Mariazell, Eisenerz am Gesäuse, im Tauern- und Dachstein-Stocke, dem Watzmann über Tirol, Bayern bis Vorarlberg.

### 5. Jura-Kalk.

Im Juragebiete treten auf, und zwar im Lias (spr. Leias, von layers = plattenförmige Gesteinschichten) die versteinerungsreichen, plattenförmigen Kalkmergel, körnigen Kalksteine, bituminösen Kalksteine und Stinkkalke, die man insgesammt Lias-Kalke nennt und welche sich durch die sehr große Zahl auftretender Petrefacten — über 4000 Arten derselben sind bekannt — auszeichnen. Sie sind verbreitet in den nördlichen Kalkalpen und zwar vielartig im Gebiete des Lech, der Isar, Saale, Salza und Enns; in Schwaben an der Westseite des schwäbischen Juras (Stuttgart, Reutlingen), ebenso an der Westseite des fränkischen Juras (rother Main, Altmühl); in Thüringen bei Gotha und Eisenach; im nordwestlichen Deutschland (Hannover und Braunschweig); in Frankreich an der Westseite des französischen Juras bis in's Saonegebiet, vom Maasthal bis nach Metz hin, südlich von Lyon an bis Sevenna; in England von der Südküste nordwärts bis Yorkshire und Lincolnshire. Im mittleren und südwestlichen Deutschland tritt er über 300 Meter mächtig auf, und zwar im schwäbischen und fränkischen Jura-Kalkstein, Kalkmergel und Dolomit. Der Kalkstein ist theils dicht, theils wenig krystallinisch, theils reiner kohlensaurer Kalk, theils von Kieselsäure und organischen Stoffen durchsetzt. Ist er von Bitumen frei, so zeigt er weiße, gelblichgraue bis röthlich-

weiße Farbe, ist oft bunt geadert, geschichtet oder ungeschichtet. Ist er plattenförmig geschichtet, gleichmäßig dicht, gelblichweiß gefärbt, so geht er in Plattenkalkstein (lithographischen Stein) über. Der jurasische Plattenkalk zwischen Eichstädt und Pappenheim in den Steinbrüchen von Solenhofen ist äußerst dicht und gleichmäßig und liefert das Material zu den lithographischen Steinen. Weniger feine Platten benützt man zu Tisch- und Fußbodenplatten, auch zum Dachdecken, obwohl sie wenig wetterbeständig sind. Der Dolomit zeigt sich zerrissen und zerklüftet und wird von Höhlen durchzogen (fränkischer Jura, Muggendorfer Tropfsteinhöhle).

In Deutschland ist der weiße Jura am verbreitetsten, und zwar in den nördlichen Kalkalpen in Bayern (Kalkstein von Berchtesgaden, vom Ammergau), im schwäbischen Jura vom Rheinthale bis zum Thale der Altmühl und des Main in das die Triasgebilde des Deisters, Süntels und Teutoburger Waldes umgürtenden Hügeln. Der Jurakalk aller genannten Gegenden Deutschlands wird eben so ausgedehnt als Baustein wie zum Kalkbrennen benützt. Er ist in Form von größeren Quadern und Säulen herstellbar und wird zu Monumentalbauten (München), zu Monumenten, Werken der Sculptur, zu Treppenstufen u. s. w. benützt. Trotz der Unannehmlichkeit, daß auf ihm Flechten und Moose vegetiren und ihm eine dunkle bis schwärzliche Färbung geben, zeigt er eine ziemlich lange Dauer.

In der Schweiz lagert er mächtig entwickelt im Juragebirge, bis Mittel-Frankreich.

Der braune Jura tritt in den bayerischen Alpen im Kalkstein von Vils bei Füßen und Haselberg und Westernberg bei Rupolding, in den österreichischen im Kalkstein vom Gunstberge und von der Klausalpe bei Hallstadt; in

Deutschland schließt er den ganzen westlichen Rand der rauhen Alp ein. Der rothe Jura-Kalk von Haselberg wird als sogenannter rother Marmor benützt. Die Marmore von Tegernsee, von welchen es — nach Gümbel — unsicher, ob sie jurasisch seien, zeigen röthliche und weißliche Farben und große Politurfähigkeit und werden in ausgedehnter Weise abgebaut, in großen Blöcken gebrochen und benützt.

### 6. Kreide.

Unter den Kalksteinen dieser Formation sind zu unterscheiden die eigentlichen Kreidekalksteine und die Kreide.

Die Kreidekalksteine bestehen aus einer dichten, seltener krystallinischen, weiß, gelblich, grau, roth bis schwarz gefärbten Masse oder vorherrschend aus mikroskopischen Organismen-Resten, gebildet aus äußerst feinen Kalkscheibchen (Coccolithen) und zahlreichen Foraminiferen. Der Korallen-Kalkstein ist ein durch ein kalkiges Bindemittel verkitteter, aus Korallenresten bestehender Kalkstein.

Die Kreide hat man unterschieden in weiße Kreide, Korallenkreide und Tuffkreide.

Die weiße Schreibkreide — in ihren Eigenschaften bekannt — tritt großartig auf an der 130 Meter hohen, fast vertical abfallenden Stubbenkammer auf Rügen. Die Korallenkreide besteht aus kleinen Korallentrümmern, die durch Kreidemasse verkittet sind; sie ist mürbe bis erdig und wird in Jütland, Fünen, Seeland, Rügen gefunden.

Die Tuffkreide ist ein gelblicher, weicher schneidbarer Kalk, der aus zerkleinerten Ueberresten verschiedener Kreidethiere besteht und im Petersberge bei Mastricht in einer 30 Meter großen Mächtigkeit auftritt.

In der Kreide treten auf die Flint- oder Feuerstein-

knollen, die aus amorpher Kieselsäure, aus verkieselten Organismen-Resten bestehen.

Unter den Kreidegebieten sind zu nennen:

1. Das norddeutsche Kreidegebiet, welches sich von beiden Seiten der Weichsel in Oberschlesien, Polen über die Oder, Elbe, Weser, Rhein-Ems bis zur Maas erstreckt, wahrscheinlich unterirdisch zusammenhängt und nur an einzelnen Stellen durch die Tertiär- und Diluvialgebilde inselartig hervortritt.

2. Das süddeutsch-schweizerische Kreidegebiet vom Genfersee bis Wien reichend, die Jura-Gebiete umsäumend, hie und da inselförmig zu Tage kommend.

3. Das nordfranzösisch-englische Kreidegebiet, ausgezeichnet durch seine großen Lager von Schreibkreide, durchzieht Nord-Frankreich, setzt durch den Canal von Calais nach Süd-England und kommt ebenso nordöstlich an den Westküsten Belgiens und Hollands wieder zum Vorschein. Das südwestlich französische Kreidegebiet in der Gegend der Garonne.

Die Benützung der kreideartigen Bildungen ist eine sehr ausgedehnte, und zwar als Schreibkreide, Schlämmkreide, zum Brennen für Mörtelbereitung, als Putz- und Polirmittel, als Zusatz zu Kitten, als Verdickungsmittel von Farbstoffen, dichtere Sorten als Bausteine u. s. w.

### 7. Tertiärkalk.

Da in der Tertiärzeit bereits beträchtliche Ländergebiete der Gegenwart über den Meeresspiegel sich erhoben hatten, z. B. diejenigen von England in Verbindung mit Frankreich und Deutschland, so mußten durch Zurückweichen des Meeres innerhalb dieser Ländercomplexe zahlreiche Wasserbecken an den tiefgelegenen Stellen, somit Binnen-

seen zurückbleiben. Solche Binnenmeere, welche von Strömen durchflossen wurden, waren dasjenige von Süd-England, was gegenwärtig das Themse- oder London-Becken, darstellt, das Becken der Loire und Seine, das gegenwärtige Pariser Becken, eine Reihe kleiner Becken am Mittelrhein und Main, wie das Mainzer Becken, das Becken bei Bonn; an der Donau das Wiener Becken. In diesen Becken wurden aus den Binnenseen zahlreiche Sedimente abgelagert, unter welchen auch Kalksteine, die sich bald fein-, bald grobkörnig und dicht, bald porös, erdig, sandig u. s. w. darstellen. Am wichtigsten sind die verschiedengefärbten Nummuliten-Kalksteine, die am Nordrande der Alpen bei Sonthofen in Bayern und an der Sentisgruppe hervortreten; der Grobkalk, ein gelblich weißer, bald fester, bald zerreiblicher Kalkstein, häufig von Quarzkörnern durchsetzt, der im Seinebecken mächtige Ablagerungen bildet; der grauweiße, schichtige Litorinellen-Kalk des Mainzer Tertiärbeckens; endlich der Leitha-Kalk oder Nulliporenkalk des Wiener Beckens.

Wegen seines Quarzgehaltes wird der Grobkalk auch Kieselkalkstein genannt und gewinnt nicht selten ein sandiges Aussehen, wechselt auch in seiner Härte ungemein. Er bildet in seinen harten Varietäten ein vorzügliches Baumaterial, was namentlich in Paris und Umgebung in ausgedehntester Weise zur Anwendung kommt. Die Pariser Steinbrüche des Grobkalkes haben eine sehr große Ausdehnung, namentlich unter dem Stadttheil im Süden der Seine, gewonnen, und bilden die Katakomben. Die Pariser Arbeiter bezeichnen die Steine nach ihrem Aussehen und Korn verschieden: Pierre de Liais nennen sie den feinen, erdigen Bruch zeigenden; Cliquart den lockeren, mit lebhafterer Färbung; Banc franc, wenn er Muscheln enthält;

Pierre de roche, feinkörnig und sehr fest; Lambairde endlich, wenn er weich ist.

Die bei Sonthofen und Enzenau am Grünten auftretenden Kieselkalke heißen auch Enzenauer Marmor und führen Einmengungen von Hornsteinen; auch im Traunthale und unfern Reichenhall finden sie sich und werden in Süd-Bayern, namentlich in München als Baustein, zu Grabmonumenten, Tisch- und Ofenplatten, sowie zu allerhand anderen Waaren verarbeitet.

### 8. Quartärkalk.

Der gelöste doppeltkohlensaure Kalk in den Landgewässern der Diluvialzeit gab mit Verdunstung eines Theiles Kohlensäure Veranlassung zu den Ablagerungen, welche man im Allgemeinen Süßwasser-Kalk bezeichnet. Sie finden sich in den Buchten und Becken ehemaliger Diluvialseen und Flüssen, wie in den Schluchten von Kalkgebirgen; viele von den begonnenen Ablagerungen setzten sich in der Alluvialperiode fort. Diese Süßwasserkalke sind entweder erdigkörnig, manchmal fast dicht oder mürbe und documentiren sich in ihrem Gefüge als abgesetzter Kalkschlamm. Andere bestehen aus lauter krystallinischen, zuckerartig verwachsenen Kalkspathkörnern, welche andere auch organische Körper incrustirten und nach Zersetzung der letzteren in eigenthümlichen Formen zurückbleiben. Offenbar entstanden sie, indem Lösungen des kohlensauren Kalkes, als sie auf andere Körper flossen, einen Theil ihrer Kohlensäure verloren, wobei sich dann der einfach kohlensaure Kalk abschied und so jene Kalkstoff-Ablagerungen bildete, wie man sie in Thüringen bei Mühlhausen, Langensalza und Weimar antrifft.

Noch gegenwärtig werden mehr oder weniger beträchtliche Kalkablagerungen gebildet, und zwar durch die Wirkung

des Wassers. Bekanntlich enthält jedes Quellwasser mehr oder minder Kohlensäure aufgelöst. Dringt dasselbe durch Erdschichten, welche kalkhaltig sind, so wirkt es, indem es den an sich unlöslichen kohlensauren Kalk durch Abgabe seiner Kohlensäure in löslichen doppeltkohlensauren Kalk überführt, lösend auf diesen und führt ihn mit sich fort. Tritt solches Quellwasser nun an die Atmosphäre, so verdunstet es theilweise und mit ihm auch der Ueberschuß an Kohlensäure, wovon die Folge ist, daß sich nun wiederum einfach kohlensaurer Kalk abscheidet. Dies wird um so mehr und schneller erfolgen, wenn das Quellwasser in vielen kleinen Aederchen an die Oberfläche tritt. Hat es dabei, wie z. B. in Höhlen, Gelegenheit, Tropfenform anzunehmen, so wird sich aus jedem herabfallenden Tropfen ein Kalkhäutchen abscheiden und das Resultat die Bildung jener eigenthümlichen Gesteinsgestalten sein, die wir in Höhlen als sogenannte Tropfsteine zu bewundern Gelegenheit haben (Rübeland am Harz, Adelsberg in Krain). Auf gleiche Weise sind auch die in manchen Gegenden bedeutenden Ablagerungen der sogenannten Kalktuffe entstanden, wie z. B. diejenigen bei Meißen, Jena, Göttingen, am Thüringer-Walde, im Neckarthale ꝛc. Sehr auffällige Beispiele der letzten Art sind die sogenannten Travertine Italiens, welche im Elsathale, bei Tivoli ꝛc. nicht unbedeutende Hügel bilden und in den Bädern von San Filippo so schnell entstehen, daß in einem Sumpfe im Laufe von zwanzig Jahren eine 30 Fuß hohe Travertinmasse hervortrat. Dieser poröse trockene Kalktuff wurde bereits von den alten Römern als Lapis Tiburtinus, Stein von Tivoli, vielfach zu Bauten angewendet. Die Erbsen- und Rogensteine (Oolithe), welche man früher für versteinerten Fischrogen hielt, sind auf ganz gleiche Weise entstanden. Kalk-

haltiges Quellwasser hatte Gelegenheit, Sandkörner zu bespülen und lagerte um dieselben den Kalk in zwiebelartigen Schichten ab, so daß erbsenförmige Kügelchen gebildet wurden.

### C. Mergel. *)

Hat der Kalk Gelegenheit gehabt, sich mit Thon zu vermischen, so entstehen, wenn der Thongehalt zu 20 Percent und darüber steigt, Gemische, die man Kalkmergel oder schlechtweg Mergel nennt. Aus ihm läßt sich der Kalk nicht durch Schlämmen, sondern nur durch Säuren trennen. Der Mergel ist häufig verunreinigt durch kohlensaure Magnesia und heißt dann dolomitischer, oder mit Eisen- oder Manganoxydhydrat, welche ihn gelb bis braun färben — eisenschüssiger Mergel, oder durch kohlige oder bituminöse Substanzen — bituminöser Mergel, Stinkmergel, oder endlich durch Sand — Sandmergel.

Mit Senft **) theilen wir sie ein in:

1. Mergelkalk, Gemenge von kohlensaurem Kalk mit höchstens 20 Percent Thon, tritt in allen Kalkstein-Formationen auf, am meisten im Muschel- und Jura-Kalk.

2. Mergel, inniges, gleichartiges Gemisch von kohlensaurem Kalk mit 20—80 Percent Thon; vielfach wechselnde Mengen kohlensaurer Magnesia, kohlensaures Eisen- oder Manganoxydul, Sand oder Bitumen führend und hiernach sehr verschieden gefärbt. Man unterscheidet:

a) Kalkmergel mit 20—25 Percent Thon, braust mit Säuren stark auf und hinterläßt den Thon als Rückstand.

*) Ausführlicher kommen wir an anderer Stelle auf diese Gebilde zurück.

**) Synopsis III, S. 852.

b) Thonmergel mit 25—80 Percent Thon, braust mit Säuren wenig auf, hinterläßt großen Rückstand, ist verschieden gefärbt, meist durch Eisenverbindungen.

c) Dolomitischer Mergel mit 5—30 Percent kohlensaurer Magnesia, braust langsam und schwach mit Säuren.

d) Sandmergel mit verschiedenen Mengen gröberem und feinerem Sand gemischt.

e) Bituminöser Mergel (Mergelschiefer) mit organischen Stoffen durchsetzter, manchmal schiefrig spaltender Mergel (Lias, Zechstein).

Die Anwendung des kohlensauren Kalkes in seinen verschiedenen Modificationen, nicht minder des daraus dargestellten Kalkhydrates und anderer Verbindungen ist eine derartig ausgedehnte, wie bei wenig anderen Stoffen.

Während der Doppelspath, wie bereits erwähnt, für optische Apparate dient, bietet der weiße Marmor das vortrefflichste Material für Bildhauer, der farbige für architektonische Verzierungen, Tischplatten, Säulen, Vertäfelungen, Platten, Denksteine u. s. w. Der dichte Kalkstein findet nicht nur als Baustein in verschiedenen Gegenden ausgedehnte Anwendung, sondern dient auch als Zuschlag (Fluß) bei einer Reihe Schmelzprocessen zum Ausbringen der Metalle (z. B. des Eisens) aus ihren Erzen, zur Glas- und Soda-Fabrikation, zur Darstellung des gebrannten Kalkes, dessen Benützung zu Mörtel und Anstrich in der Bautechnik, zu künstlichen Steinen, Kitten, in der Landwirthschaft zur Düngung thonreicher Aecker, zur Zucker-Fabrikation, Seifensiederei, Färberei, Weißgerberei, zur Fabrikation des Chlorkalkes, zur Neutralisation von Säuren bei chemischen Processen ꝛc. eine ungemein umfangreiche.

Die hellfarbigen dichten und schiefrigen Kalksteine

liefern die lithographischen Steine, die Kreide dient in ausgedehnter Weise als Schreibmaterial und im geschlämmten Zustande für Kitte und als Versatz für Färbesubstanzen.

Von den mannigfachen Verwendungen des kohlensauren Kalkes interessiren uns hier nur diejenigen, die er nach dem Brennen als gebrannter Kalk zur Fabrikation des Luftmörtels und mörtelartiger Substanzen findet, und wir werden daher die Operationen, Processe und Apparate, welche hierbei von Bedeutung sind, des Näheren zu erläutern haben.

---

# II.

## Das Brennen des Kalkes.

### Allgemeines über das Brennen und die dazu benützten Oefen.

Wird kohlensaurer Kalk bei Luftzutritt zur Roth- und Weißgluth erhitzt, so entläßt er seine Kohlensäure und es bleibt die Kalkerde, der Kalk (Ca O), oder gebrannter Kalk zurück. Die Operation des Glühens im großen Maßstabe in den Kalköfen heißt das Kalkbrennen; jeder Kalkstein vom Marmor bis zum Kalkmergel kann auf diese Weise in gebrannten Kalk übergeführt werden. Da die Kohlensäure auf der Oberfläche, wo die genügende Hitze vorhanden ist, zuerst entweicht und die Entweichung sich erst mit dem Fortschreiten der Temperatur nach dem Innern hin successive fortpflanzt, so wird die Kohlensäure unter sonst gleichen Verhältnissen am schnellsten aus kleinen Kalkstückchen auszutreiben sein. Das Entweichen der Kohlen-

säure wird bei Vorhandensein der nöthigen Hitze sehr befördert durch die Gegenwart von Wasserdampf und von Gasen, in denen sie diffundiren kann; ist der Zug beim Brennen geringer, so entweicht sie langsamer; in einer Atmosphäre von Kohlensäure und unter hohem Druck kann man kohlensauren Kalk schmelzen, ohne daß er die Kohlensäure verliert.

Daher wendet man die Kalksteine zum Brennen vortheilhaft »grubenfeucht« an, damit das Entweichen des Wasserdampfes die Entkohlensäuerung unterstütze, oder stellt in die Aschenfälle der Brennöfen Wasser, damit dieses durch hineinfallende glühende Asche sich verflüchtige und der Dampf in den Ofen ziehe.

Im reinen kohlensauren Kalk sind 43·7 Theile Kohlensäure und 56·3 Theile Kalk enthalten. Nach Favre und Silbermann erfordert 1 K. reiner kohlensaurer Kalk zur Zersetzung, also zur Austreibung aller Kohlensäure und Zurücklassung von Kalk, 373·5 Calorien (Wärmeeinheiten). Wird in den Kalköfen nun alles Brennmaterial, als welches hier reiner Kohlenstoff angenommen wird, vollständig in Kohlensäure verwandelt, so entwickelt es per Kilogramm 8080 Calorien. Behufs Zersetzung von 100 K. kohlensaurem Kalk braucht man also theoretisch in die Kalköfen nicht mehr als $\frac{37350}{8080} = 4{\cdot}6$ K. Kohlenstoff zu verbrennen.

Wird dagegen der Kohlenstoff nur in Kohlenoxyd verwandelt (was in den Hochöfen der Fall), so entwickelt er per Kilogramm nur 2473 Calorien; es sind also zur Zersetzung von 100 K. kohlensaurem Kalk jetzt erforderlich $\frac{37350}{2473} = 15{\cdot}1$ K. Kohlenstoff, mithin ca. die dreifache Menge.

In beiden Fällen ist noch die Wärme in Betracht zu ziehen, welche mit den Verbrennungsgasen entweicht. Nimmt man an, daß die Gase mit einer Temperatur von 300 Grad C. entweichen — im Ringofen ist sie allerdings bedeutend geringer — so werden die in 100 K. kohlensaurem Kalk enthaltenen 44 K. Kohlensäure, dann 300 . 44 . 0·22 (spec. Wärme der Kohlensäure) = 2904 Calorien mit sich fortnehmen und zur Erzeugung dieser Wärmemenge werden erforderlich sein im Kalkofen $\frac{2904}{8080} = 0{\cdot}36$ K. Kohlenst.

Daraus geht hervor, daß die Zersetzung von 100 K. kohlensaurem Kalk im Kalkofen erfordert

4·6 K. + 0·36 K. = 4·96 K. Kohlenstoff.

Im Hochofen bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd werden mehr erforderlich sein $\frac{2904}{2473} = 1{\cdot}17$ K. Kohlenstoff, um die mit dem Kohlenoxyd entweichende Wärme zu decken. Hier sind also zum Brennen von 100 K. Kalk nothwendig 15·1 K. + 1·17 K. = 16·27 K. Kohlenstoff.

Wie verschieden sich die verbrauchte Brennstoffmenge beim Kalkbrennen in den verschiedenen Brennapparaten bei unvollkommener und vollkommener oder nahezu vollkommener Verbrennung gestalten muß, geht schon hieraus hervor. Bedenkt man nun, daß die angewandten Brennstoffe — Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle — eine sehr verschiedene Zusammensetzung, namentlich sehr verschiedenen Wassergehalt und Gehalt an Mineralstoffen haben, bedenkt man weiter, wie verschieden das zur Verbrennung nothwendige Luftquantum bei den verschiedenen Feuerungsanlagen sein muß, erwägt man endlich, daß der zum Brennen gelangende Kalk in Bezug auf Wassergehalt und chemische Zusammensetzung, nicht minder in Bezug auf seine physikalischen Eigenschaften

ungemein wechselt — so wird man begreifen, wie verschieden in der Praxis die zum Kalkbrennen erforderliche Brennstoffmenge sein muß, und daß es hier, wie bei allen anderen gewerblichen Feuerungsanlagen, darauf ankommen muß, Apparate zu ersinnen, bei denen Erzeugung der überhaupt möglichen Wärmemengen durch Verbrennung eines Brennstoffes und größtmögliche Ausnutzung derselben für den vorliegenden Zweck vorauszusehen ist. *) Man begreift hiernach, daß die in den älteren Kalköfen benützten Feuerungseinrichtungen höchst unvollkommener Natur sind und für die Pyrotechniker hier nicht minder wie auf anderen Gebieten noch eine große Aufgabe zu lösen ist. In welcher Weise man an die Lösung ging, wird aus den unten besprochenen verschiedenen Kalkofen-Constructionen der Neuzeit klar werden.

Die Kalksteine enthalten neben anderen Verbindungen nicht selten verschiedene Wassermengen, was bei Erhitzung derselben unter Zutritt der Luft zuerst entweicht; mit ihm verflüchtigt sich bei höherer Temperatur bis zu Rothgluth ein Theil Kohlensäure. Zur Austreibung aller Kohlensäure ist jedoch Weißgluth und ein kräftiger Zug erforderlich. Nimmt die Hitze zu schnell zu, so daß die Erdfeuchtigkeit der Steine nicht nach und nach aus dem Innern verdampfen kann, so erfolgt mit plötzlicher Verdampfung ein Zersprengen der Steine.

Reiner kohlensaurer Kalk verträgt hohe Hitzegrade, ohne durch das Brennen zu schmelzen; er verliert dabei nur seine Kohlensäure, er wird *gar* gebrannt, und liefert nachher mit Wasser angemacht einen fetten Kalkbrei. Die meisten Kalksteine sind, wie gesagt, mit anderen Stoffen wie Thon, Bittererde, Kieselsäure, Eisen ꝛc. verunreinigt; wird bei

*) Vergl. hierüber: Zwick, Natur der Ziegelthone, S. 420 und 460 u. f.

diesen die Brandtemperatur zu stark gesteigert, so entweicht nicht allein die Kohlensäure, sondern es werden, indem der frei werdende Kalk an die Kieselsäure tritt und kieselsauren Kalk bildet, oder zersetzend auf die kieselsaure Thonerde wirkt und die Bildung eines Doppelsilicats von kieselsaurer Thonerde und Kalk veranlaßt, Silicate gebildet, welche schmelzen und sich später nicht mehr mit Wasser löschen lassen. Solcher Kalk ist todtgebrannt.

War die Hitze beim Brande nicht groß genug, der Zug ein zu geringer, so verliert der Kalk nicht alle Kohlensäure, er ist ungar und löscht sich mit Wasser ebenfalls nicht mehr.

Trotzdem der Gewichtsverlust der Kalksteine durch das Brennen über 40% beträgt, wird das Volumen doch nur wenig vermindert. Der gebrannte Kalk ist zwar porös, aber doch ohne Zerbröckelung transportabel.

Der aus reinem weißen Marmor gebrannte Kalk ist rein weiß; da die gewöhnlichen Kalksteine jedoch immer etwas Thon, Magnesia, Eisenoxyd ꝛc. enthalten oder diese Stoffe von dem Brennmaterial aufnehmen, sind sie nach dem Brennen gewöhnlich grauweiß, gelbweiß oder gelbgrau gefärbt. In Bezug auf die Größe der Stücke der zum Brande kommenden Kalksteine unterscheidet man bei der Kalkbrennerei den Steinkalk, wie er in Bruchsteingröße aus den Steinbrüchen kommt, den Lesekalk, der an Flußniederungen gelesen wird, den Mergelkalk, der erdig und für den Brand zu Ziegeln gestrichen werden muß, und den Muschelkalk, dessen muschelige Knollen und Stücke am Meeresstrande auftreten.

Da der gebrannte Kalk eine sehr ausgedehnte Anwendung findet, so wird er im großen Maßstabe aus den oben besprochenen Kalksteinen in den Kalköfen gebrannt

und es wird zunächst darauf ankommen, die verschiedenen Brennofensysteme, sowie die Gesichtspunkte, welche dabei in Betracht kommen, eingehender zu betrachten.

Ursprünglich geschah das Brennen des Kalkes in Gruben oder Meilern und dieses wird auch jetzt noch vereinzelt in denjenigen wenigen Gegenden ausgeführt, wo der Brennstoff im Ueberfluß vorhanden, der Kalkbedarf ein vorübergehender. In einem in eine Erdabdachung gemachten viereckigen Einschnitt von ca. 1·5 Meter Länge und Breite und 2·5—3 Meter Tiefe, dessen Wandungen mit Lehm oder mit feuerfesten Ziegeln ausgekleidet sind, werden die Kalksteine so bis oben aufgesetzt, daß unten für die Feuerung ein Gewölbe entsteht. Eine Holzfeuerung in diesem erzeugt die zum Brennen nöthige Hitze. Aehnliche Meiler sind z. B. noch gegenwärtig im bayerischen Oberlande und in Tirol, auch in Belgien, namentlich aber in einigen waldreichen Gegenden Böhmens, Ungarns, Rußlands, Schottlands in Anwendung.

Der Meiler- und Grubenbrand ist für die Gegenden des Verkehrs und des Gewerbebetriebes heutigen Tages ein überwundener Standpunkt. Bei den hohen Gestehungspreisen und geringer Production, bei den höheren Anforderungen, welche der Consument heutigen Tages an das Product stellt, kann dieser Betrieb nicht mehr rentiren. Das Doppelbestreben: Ersparung von Brennstoff und Verwendung auch geringerer Brennstoffe einerseits, massenhafte, schnelle und billige Erzeugung eines gebrannten Kalkes hoher Qualität andererseits, fand, wenn das Rohmaterial ein gegebenes — wie es ja bei Ausnützung gebotener Kalklager nicht anders sein kann — seinen Ausdruck in der Vervollkommnung seither gebräuchlicher und Auffindung möglichst rationeller Constructionen von Kalkbrennöfen. Eine große Zahl von Ofen-

constructionen sind diesen Bestrebungen entsprungen und jede Zeitperiode liefert neue. Die kleinen Kalkbrennereien, nur für ihre nächste Umgebung concurrenzfähig, ebenso diejenigen, welche den Kalk nur nebenher produciren, verringern sich. Der früher sporadisch über das Land verstreute Betrieb concentrirt sich an Orten, die ein gutes Rohmaterial und den geeigneten Brennstoff zur Verfügung stellen, dabei eine billige und sichere Verfrachtung und regelmäßigen Absatz versprechen. Der Betrieb gestaltet sich zum Großbetriebe, und da dieser über größere Anlage- und Betriebscapitalien verfügt, so kann er möglichst alle von der Technik gebotenen Vortheile aufnehmen, rationell und massenhaft produciren und sein Product selbst auf größere Entfernungen noch concurrenzfähig erhalten.

Sieht man von den liegenden Brennöfen ab, die man zum Ziegel- und gelegentlich auch zum Kalkbrande benützt, wie z. B. von dem sogenannten Cassseler Flammziegelofen,*) so hat es der gegenwärtige fabrikatorische Kalkwerksbetrieb nur mit stehenden Kalköfen, Schachtöfen von sehr verschiedener Gestalt und Dimension zu thun.

Man theilt dieselben in zwei große Gruppen ein: in Oefen zum unterbrochenen Betriebe oder periodische
„ „ „ ununterbrochenen „ „ continuirliche,
je nachdem das Brennen mit Unterbrechungen — die zum Entfernen des gebrannten Kalkes und zu neuer Beschickung dienen — oder fortwährend, ununterbrochen erfolgt, derart, daß gebrannter Kalk in gewissen Zeiträumen gezogen und gleichzeitig frischer Kalk zur Gicht eingegeben wird.

In beiden Oefen kann das Brennen entweder dadurch bewerkstelligt werden, daß man den Kalkstein der Einwir-

*) Zwick, Jahrb. d. Baugew., 1871, S. 220.

kung einer großen Flamme, die von einer außerhalb des Brennraumes liegenden Feuerstelle ausgeht, aussetzt, wobei also Brennstoff und Kalk einander gar nicht berühren, oder dadurch, daß man in den eigentlichen Brennraum des Ofens abwechselnd Schichten Kalkstein und Brennstoff giebt, welch' letzterer dann mit kleiner Flamme brennt, mehr glüht als flammt (z. B. geringe Kohlensorten, Coks 2c.) und das Brennen durch die unmittelbar wirkende Gluth des Brennmaterials bewerkstelligt wird.

Wählt man letzteres als Eintheilungsgrund, so lassen sich die Oefen in solche mit großer und solche mit kleiner Flamme classificiren. Bei der Wahl des einen oder anderen dieser Ofensysteme giebt in erster Reihe das zu Gebote stehende Brennmaterial, dann aber auch die Beschaffenheit des geförderten Kalkes, ob derselbe in compacten Stücken oder in kleineren Massen bricht, den Ausschlag.

Beide Ofenclassen haben ihre Vortheile und Nachtheile.

Die Oefen mit kleiner Flamme produciren, weil sie den Gebrauch auch geringer Brennstoffe zulassen, billig, sie geben aber in Folge der Berührung von Kalk und Brennstoff ein mit der Asche des letzteren vermengtes Product. Läßt sich dieser Nachtheil auch umgehen durch eine Art Separation beim Ziehen, indem man nämlich die Sohle der Ausziehcanäle zu Rosten gestaltet, durch deren Oeffnungen dann die Asche beim Kalkziehen durchfällt, so daß zwei Producte erhalten werden, Kalkstücke und Kalkasche, so bleiben doch immer zwei Nachtheile, daß erstens durch übermäßige Hitze — der Brand läßt sich schlecht reguliren — eine Art Verschlackung, ein Zusammenschmelzen von Asche und Kalkstücken, ein todtgebrannter, geringwerthiger Kalk

entstehen kann, daß zweitens die Kalkasche schlecht bezahlt, auch weniger begehrt wird.

Die Oefen mit großer Flamme produciren allerdings etwas theurer als jene, aber sie gestatten eine sorgfältige Regulirung der Flamme, in Folge dessen einen gleichmäßigeren Brand; das Product ist gleichmäßig, von hoher Qualität, findet willige Abnehmer und erzielt höhere Preise. Außerdem kann man bei diesen Oefen den Kalkstein in größeren Stücken anwenden und gleichmäßig durchbrennen, wodurch alle Aufbereitungskosten des geförderten Kalksteines wegfallen. Dies ist um so höher anzuschlagen, da ein in größeren Stücken gebrannter Kalk länger aufbewahrt werden kann, ohne von den Einflüssen der Luft zu leiden, da ferner ein Volumen größerer Kalkstücke beim Löschen ein größeres Volumen Kalkmehl giebt, als ein gleiches Volumen kleinerer Kalkstücke.

Unter Berücksichtigung der oben angedeuteten Gesichtspunkte lassen sich also die gegenwärtig in Gebrauch stehenden Kalköfen gruppiren in zwei Hauptarten:

1. Oefen zu periodischem Betrieb mit großer Flamme,
2. Oefen zu continuirlichem Betrieb mit kleiner Flamme,
3. Kalköfen zu continuirlichem Betrieb mit großer Flamme, woran sich naturgemäß reihen:
4. Der Kalkringofen,
5. Der Gaskalkofen.

Alle diese Ofensysteme sind gegenwärtig in den verschiedensten Constructions- und Betriebsformen im Gebrauch, was theils in örtlicher Gewohnheit, theils im Rohmaterial, theils und hauptsächlich in dem zur Verfügung stehenden Brennstoff seinen Grund hat. Ehe wir auf die Oefen eines Näheren eingehen, sei bemerkt, daß zum Bau für Kalköfen ein gutes, womöglich feuerfestes Material dienen muß,

namentlich gilt dies für die Ofentheile, welche starker Hitze ausgesetzt sind, also die Feuerstelle, die Schür- und Ausziehlöcher, den inneren, eigentlichen Brennraum. Für diese Theile werden daher feuerfeste Steine zu verwenden sein, während für die Bekleidung gewöhnliche Hau- oder Backsteine genügen. Da der innere Schachtraum durch die Wärme bedeutend ausgedehnt wird, so muß zwischen ihm und der Rauhmauer ein Raum ausgespart werden, welcher mit die Wärme schlecht leitenden Körpern (Asche, Bruchsteinen ꝛc.) ausgefüllt, dem Kernschacht diese Ausdehnung gestattet, auch die Wärme möglichst zusammenhält.

Die Dicke der Mauern wird sich außerdem nach der Größe der Oefen richten müssen. Im Durchschnitte beträgt sie 1·25—1·88 Meter. Die Mauern müssen äußerlich wohl verankert werden, besonders dann, wenn der Querschnitt des Ofens ein kreisförmiger. Falls man Rostfeuerungen anwendet, ist es vortheilhaft, den Rosten nach dem Innern des Ofens eine geringe Neigung zu geben — auf das laufende Meter circa 4·6 Centimeter — weil hierdurch das Schüren erleichtert wird. Für die Anlage der Feuerung gelten die Grundsätze, welche bei Feuerungen überhaupt maßgebend sind, deren Ziel: möglichst vollständige Ausnützung des angewandten Brennstoffes für vorliegenden Zweck.

Die Höhe des Kalkofens ist keine beliebige. Ganz abgesehen davon, daß der Betrieb sehr großer gewöhnlicher Oefen schwerfällig, schwierig zu überwachen, so wird durch übermäßige Höhe in Folge Reibung der Gase der Zug und besonders auch das Entweichen der Feuergase vermindert.

Was die Lage des Kalkofens betrifft, so sind hier örtliche Verhältnisse entscheidend. Besonders kommt es darauf an, alle Transportkosten von Kalkstein, gebranntem Kalk und Brennstoff zu vermeiden, oder doch möglichst zu

verringern — es empfiehlt sich von vornherein, die Anlage an einem schiffbaren Flusse oder Bahngeleise — alle ökonomischen Verhältnisse kommen bei Anlage in reifliche Erwägung.

### 1. Kalköfen zu periodischem Betriebe mit großer Flamme. *)

Diese Oefen, auch Harzer Oefen genannt, sind meist für Steinkohlenfeuerung eingerichtet, und in diesem Falle mit einem oder mehreren Rosten versehen, seltener für Holzkohlenfeuerung und ohne Rost. Ihre Form ist sehr verschieden, rund, eiförmig, kegelförmig, trichterförmig 2c. In der Vorderwand des Ofens ist eine Einkarrthür angebracht, die $^2/_3$ bis 1 Meter über der Ofensohle liegt; größere Oefen haben am Umkreise mehrere derartige Thüren, doch so, daß dieselben in verschiedenen Höhen liegen, um auch die oberen Theile derselben besser zu erreichen.

Sehr zweckmäßig legt man diese Oefen an einem Bergabhange in unmittelbarer Nähe des Kalkbruches an, um die Kalksteine mittelst Karren an die Gicht transportiren und einschütten zu können und dadurch Hebewerke zu ersparen. Stehen die Oefen frei, so giebt man ihnen oben wohl eine kuppelartige Ueberwölbung, mit mehreren Löchern im Umkreise, um durch diese den Kalk einzuschütten und den Gang des Ofens zu beachten, auch den Zug zu reguliren. Das letztere wird häufig noch besser erreicht durch Aufsetzung einer Esse. Welche Form man den Oefen auch geben mag, immer muß man Ecken so viel als möglich vermeiden, weil sie eben nur verlorene Räume darstellen.

Bei Steinkohlenfeuerung wendet man Roste an, deren

*) Zwick, Jahrb. d. Baugew. 1871, S. 221.

Zahl, ebenso diejenige der entsprechenden Feuerthüren, sich nach der Größe der Oefen richtet. Man rechnet auf eine Sohlenbreite von 1·6 Meter einen durchgehenden Rost; bei 3·2 Meter zwei Roste, bei 4·8 Meter drei Roste. Ueber diesen Rosten müssen beim Einsetzen aus größeren Kalksteinen Schürgassen ausgespart werden, von circa $^2/_3$ Meter Höhe und $^1/_2$ Meter Breite, auch muß man beim Beschicken darauf achten, daß keine Versackung der Kalksteine stattfindet, daß sich die Wärme möglichst gleichmäßig nach allen Richtungen des Ofens verbreiten kann. Falls der Kalkofen in der Nähe von Städten oder in solchen angelegt wird, ist es angezeigt, ihn jedenfalls mit einem 10—13 Meter hohen Schornstein zu versehen, um den Rauch, der sonst die Umgebung molestiren würde, abzuführen.

Man rechnet für mittelgroße derartige Oefen an Holz zum Feuern das Ein- bis Zwei-, ja bei weichen Hölzern das Dreifache vom Volumen des gebrannten Kalkes; von Steinkohlen auf 1—1·5 Volumen auf 3 Volumen gebrannten Kalk.

Die Dauer des Brandes hängt ab sowohl von der Beschaffenheit des Brennmateriales als auch von derjenigen der Kalksteine. Im Allgemeinen verlangt sie etwa 72 Stunden. Der Gang und das Ende des Brandes lassen sich aus der Beschaffenheit des entweichenden Rauches beurtheilen. Zu Anfang ist derselbe schwarz und dick von den entweichenden Rußtheilen und hält so circa 8 Stunden an; nachher wird er heller und heller, bis er zuletzt nur noch wenig sichtbar bleibt. Das letztere tritt ein, wenn der Brand beendet ist. Der Ofen bleibt nun circa 24 Stunden stehen, erkaltet und wird hierauf durch die Einkarrthüren seines Inhaltes entleert.

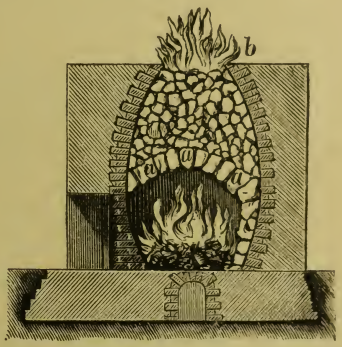
Es ist klar, daß die Einkarrthüren während des Brandes entsprechend verschlossen werden. Dieses geschieht

am besten durch eine dünne Mauer, welche sich an die innere Ofenwand anschließt, dann durch eine ebensolche, gut mit Lehm verschmierte äußere Mauer, doch so, daß zwischen beiden ein Zwischenraum bleibt, den man mit Sand oder Asche ausfüllt, um das Ausstrahlen der Wärme möglichst zu vermeiden.

Die weitere Einrichtung und Bedienung dieser Kalköfen wird uns an einigen ausgezeichneten Beispielen klar werden.

Die einfachste Form eines noch vielfach angewandten, sich den Feldöfen in seiner ganzen Anlage nähernden Kalkofens zeigt uns Fig. 1 im Durchschnitt. Es ist ein Ofen ohne Rost und für Holzfeuerung.

Fig. 1.




Der Ofen ist an einem Bergabhange angelegt, so daß er bequem von der Gicht aus beschickt werden kann, andererseits auch vor dem Winde mehr geschützt ist. Das Mauerwerk b besteht aus Bruch- oder Ziegelsteinen; die Höhe beträgt 4·9 Meter, der obere Durchmesser des Ofens 2 Meter, der untere bei dem Widerlager 2·5 Meter. Zum Aufbau eines solchen Ofens eignen sich auch Basaltstein, Quadersandstein, Grauwacke, unter a ist der Schürraum, 1·2 Meter hoch und von größeren Kalksteinen gebildet.

Bei der Beschickung dieses Ofens wird das Gewölbe zuerst hergestellt und dann durch die Gicht Kalkstein eingegeben, in der Weise, daß die Größe desselben abnimmt.

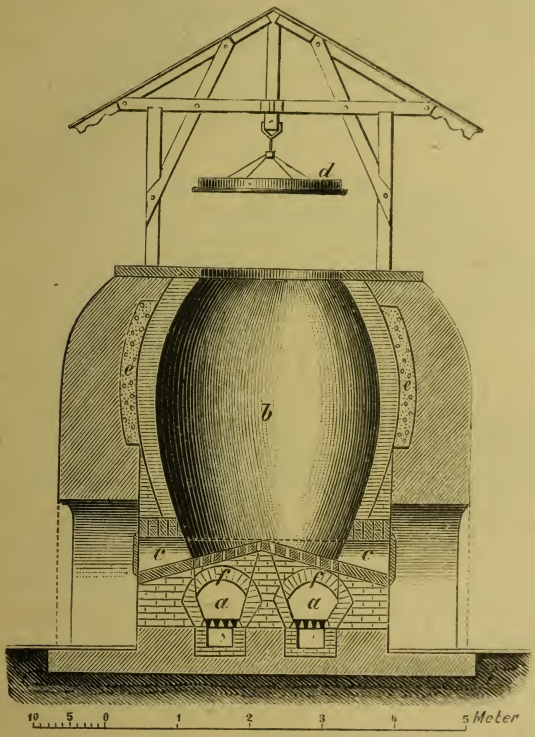
je mehr die Füllung bis zur Gicht fortschreitet. Ist die Beschickung beendet, so giebt man in den Feuerraum leichtes Brennmaterial (Reisigholz, Späne), entzündet dies, giebt allmälig solides Holz hinzu und steigert die Hitze. Zuerst condensirt sich an den Steinen der beim Verbrennen des Brennstoffes entstehende Wasserdampf, die Steine werden naß, die Verbrennung ist unvollständig, es scheidet sich Ruß an den Steinen ab und durch die Gicht entweicht ein dicker schwarzer Rauch. Mit der Steigerung der Hitze vermindert sich der Rauch und erhält eine blaue Farbe, der an den Steinen hängende Ruß verbrennt, sie färben sich heller und gelangen allmälig zu lebhafter Rothgluth. Jetzt entweicht aus der Gicht eine Flamme ohne Rauch; die an der Decke befindlichen Steine sind weißglühend, wollig, locker, der Prozeß ist beendet, der Kalk gar gebrannt. Man unterbricht das Feuer und läßt den Ofen 12 Stunden erkalten, um dann den Kalk zu ziehen.

Ein Ofenbrand verlangt circa 72 Stunden und inclusive des Beschickens und Kalkziehens etwa eine Woche, so daß mit Abrechnung der Wintermonate im Jahre etwa 30 bis 40 Brände ausgeführt werden können. Man rechnet auf 1 Volumen gebrannten Kalk 2—3 Volumen Buchenscheitholz.

Einen erheblichen Fortschritt in der Construction weist der für Holzfeuerung von Fink angegebene periodische Kalkofen auf, insofern derselbe durch Anlage eigener Feuerungen und eines aus Ziegelsteinen gebildeten Gewölbes über demselben das gewölbartige Aufschichten größerer Kalksteine umgeht und die gleichmäßige Vertheilung der Hitze durch den ganzen Schachtraum ermöglicht. Der Fink'sche Ofen Fig. 2 (im Durchschnitt und Querschnitt), hat einen eiförmigen Schacht b mit kreisförmigem Querschnitt, dessen Gicht durch einen an Eisenketten aufziehbaren Deckel d verschließbar ist.

Unten befinden sich die Feuerungen mit den Feuercanälen a a, die zu einem Gewölbe aus Backsteinen führen, welches die Form eines Backsteinrostes hat. Dieser schräge Backsteinrost gestattet das directe Auflegen des Kalksteines durch

Fig. 2. a) Durchschnitt.

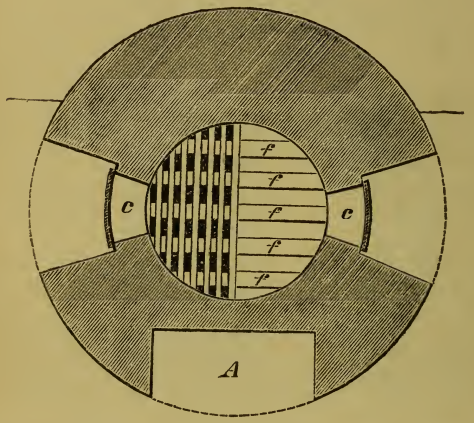



die Gicht und ein Durchziehen der Flamme. Das Abziehen des Kalkes geschieht durch die Oeffnungen c c, die Beschickung der Feuerung von A aus. Ist der Ofen durch die Gicht bis zu zwei Drittel seines Inhaltes mit Kalk gefüllt, so

wird drei Tage und drei Nächte geheizt, dann das Feuer geschwächt und der Zug durch Herabsenken des Deckels auf die auf die Gicht gelegten Ziegelsteine vermindert. Hierauf wird das Feuer ganz gelöscht, der Deckel fest auf die Gicht aufgesetzt und der Ofen drei bis vier Tage der Abkühlung überlassen, um ihn dann zu räumen.

Einen ähnlichen Ofen für Torfheizung construirten auch Deplinne und Donop. Für Braunkohlen- und Steinkohlenheizung beschreibt Heeren *) einen Ofen, der in Fürstenwalde bei Berlin und bei Osnabrück in Gebrauch gekommen, bei welchem vier Rostfeuerungen an der Seite der kreisförmigen Ofensohle angebracht sind, der oben ein durchbrochenes Gewölbe mit darauf gestellter Esse und an der Seite darunter Thüren zum Beschicken hat.

Fig. 2. b) Querschnitt.

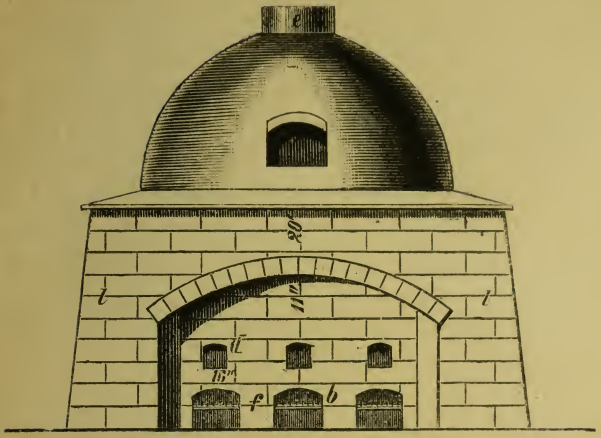


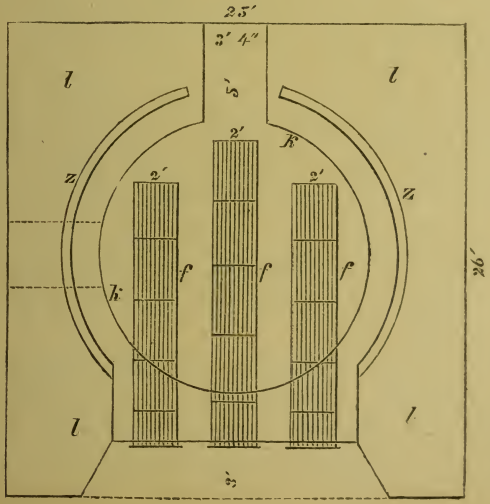

Einen periodischen Kalkofen noch vollkommenerer Construction von kreisförmigem Querschnitt zeigt uns Fig. 3 in Vorderansicht und Grundriß.

Dieser Ofen ist für Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Torffeuerung eingerichtet und hat drei durchgehende Rost-

*) Mitth. d. Gew.-Ver. zu Hannover 1858, S. 317.

Fig. 3.



feuerungen f, von etwa 0·62 Meter Breite. Die Roststäbe, etwa 1·9 Centimeter im Quadrat stark und aus starkem Walzeisen gefertigt, ruhen auf starken eisernen Querschienen, treten nach der Arbeitsseite etwas hervor und können bequem ausgewechselt werden; a ist der Aschenfall, b das Schürloch, d die Schürthüre. Die Ofen-Kernmauer k besteht aus Chamottesteinen und hat eine Stärke von zwei Steinen, die äußere l aus gewöhnlichem Mauerwerk; der Zwischenraum z ist mit Asche angefüllt, aus früher erläuterten Gründen. Der Ofen hat seitlich und in verschiedener Höhe Einkarrthüren, nach oben hin ist er durch ein Tonnengewölbe geschlossen, in welchem sich Schaulöcher befinden; Ansatz e vertritt die Stelle der Esse.

An der Seite der Feuerungen, ebenso an der gegenüberliegenden, hat dieser Ofen je einen Anbau, als Lagerplatz für den gebrannten Kalk und die Kohlen.

Soll der Ofen in Gang kommen, so wird durch die tiefste Einkarrthüre Kalk eingefahren und der untere Raum mit Steinen ausgesetzt, so daß man circa 0·62 Meter breite und ebenso hohe Schürgassen ausspart und diese mit größeren Kalkstücken umsetzt. Hat der Arbeiter den unteren Raum, soweit er bequem reichen kann, vollgefüllt, so vermauert er die untere Einkarrthür und bringt den Kalk durch die höhere Thür ein, bis der ganze Raum bis zum Gewölbe angefüllt ist. Nun kann der Brand sofort seinen Anfang nehmen und der Gang desselben durch die Schaulöcher beobachtet werden.

Der von uns beschriebene (in seinen Maßen aus der Figur verständliche) Kalkofen faßt circa 66 Kubikmeter rohe Kalksteine und giebt 650 Hektoliter gebrannten Kalk. Er verlangt auf $3^1/_2$ Volumen gebrannten Kalkes 1 Volumen Steinkohle, oder auf 1 Volumen Kalk 3 Volumen Torf.

Anstatt, wie im eben beschriebenen Ofen, die Roste durchgehend zu legen, kann man auch mehrere kleine Roste anbringen, welche nur bis etwa zur Mitte des Ofens reichen. Sie haben den Vortheil, daß ein bequemeres Schüren ermöglicht wird.

Die Größe und Form dieser Oefen sind natürlich großen Schwankungen unterworfen, jedoch ist zu bemerken, daß der Bedarf an Brennstoff im Allgemeinen geringer ist bei größeren Oefen, hingegen größer bei kleineren, daß er also im umgekehrten Verhältniß zu den Ofendimensionen steht.

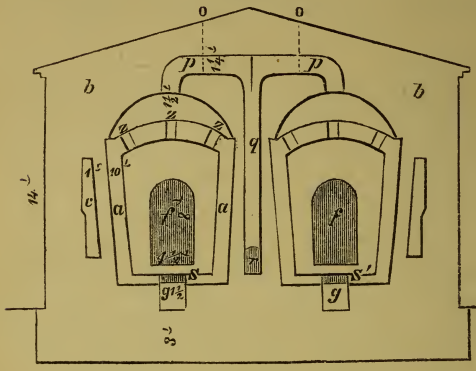
Man giebt diesen Kalköfen auch wohl die Gestalt eines abgestumpften Kegels, dessen unterer Durchmesser, sowie die Höhe circa 3·1 Meter, dessen oberer Durchmesser circa 2·5 Meter beträgt. Der Ofenraum ist dann oben mit einem flachen Gewölbe aus feuerfesten Steinen abgeschlossen, in welchem sich eine Anzahl Schmauchöffnungen befinden. Ueber dem Gewölbe setzt sich der Ofen in einer größeren Esse fort. Diese Einrichtung trägt zur Verzehrung des Rauches bei und empfiehlt sich namentlich bei Anlage der Kalköfen in volkreichen Orten.

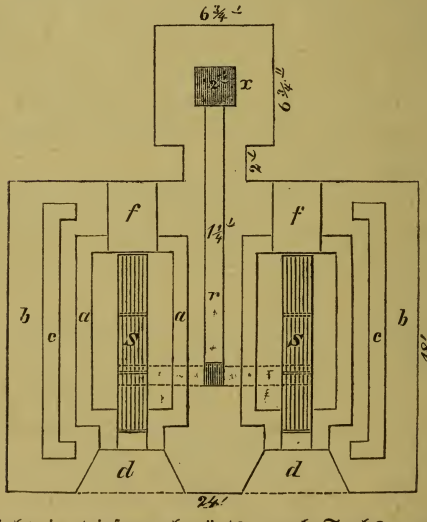
Die Feuerungen sind keine durchgehenden und werden zu drei bis vier, je nach der Ofengröße an der Peripherie angelegt; die Roste reichen 1·25 Meter und weiter in den Ofen hinein.

Statt der eben vorgeführten *stehenden* Kalköfen sind auch *liegende* periodische Kalköfen zum Oeftern angewendet. Wir geben in Figur 4 a b den Durchschnitt und Grundriß zweier derartiger, nebeneinander gebauter Kalköfen mit je einem durchgehenden Rost. Wie man sieht, haben diese Oefen eine länglich viereckige Gestalt und sind oben je mit einem flachen Gewölbe überspannt, in welchem sich eine Anzahl Schmauchöffnungen befinden. Die Länge

der Oefen beträgt 2·8 Meter, die Breite unten 1·36 Meter, oben 1·7 Meter, die mittlere Höhe 2·5 Meter, a ist die Kernmauer aus feuerfesten Steinen, b die äußere Mauer, c die schlechtleitende Schicht f die Eintragsthüre, s der Rost, g der Aschenfall. Die Maaße der einzelnen Theile sind aus d. Figur ersichtlich. d ist die Feuerung, z die Schmauchlöcher. Der Rauch zieht durch Rauchcanäle p p ab, gelangt in d. Rauchsammelkanal q, zieht in diesem abwärts, nach Fuchs r und aus diesem in den Schornstein.

Fig. 4.



Die ganze Höhe des Ofens vom Terrain bis zum Gesims beträgt 4·39 Meter, bis zum First circa 55·33 Meter; die des Schornsteins 22·6 Meter. In beiden Ofen kann ein Quantum von 131·91 Hektoliter Kalk pro Brand gewonnen werden, wozu man 48·36 Hektoliter englische Steinkohle gebraucht. Ein Brand erfordert wegen der geringen Dimensionen nur 50 Stunden.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, ist die Bedienung dieser periodischen Oefen mit großer Flamme umständlich; es können im Ganzen nur große Steine eingesetzt werden; das Einsetzen erfordert Sorgfalt und ist für den Arbeiter lästig, sobald der Ofen nicht vollkommen ausgekühlt ist; damit das letztere aber geschehe, ist viel Zeit erforderlich, die Folge davon ist eine langsame Production; auch erfordern diese Oefen einen immer noch verhältnißmäßig großen Brennstoffaufwand und geht zudem viel Wärme durch das Ingangsetzen und Auskühlenlassen verloren.

### 2. Aeltere Kalköfen zu continuirlichem Betriebe mit kleiner Flamme.

Diese Oefen unterscheiden sich von denjenigen der vorigen Abtheilung wesentlich dadurch, daß sie ununterbrochen produciren, indem man den gebrannten Kalk innerhalb gewisser Zeiträume zieht und in dem Maße durch die Gicht neue Kalkschichten aufgiebt; ferner, daß bei ihnen der Brennstoff in abwechselnden Lagen mit dem Kalkstein eingetragen und derselbe durch die unmittelbare Gluth von jenem gar gebrannt wird.

Die Gestalt und Construction auch dieser Oefen ist sehr mannigfach. Am häufigsten giebt man dem Brennraum die Form einer Flasche oder diejenige eines umgekehrten abgestumpften Kegels. Die ersteren nennt man auch Flaschen-

öfen, die letzteren Trichteröfen, beide auch Schneller- oder Fixöfen.

Es läßt sich behaupten, daß diese Oefen wohl die größte Verbreitung haben, wozu namentlich beiträgt, daß sie auch geringes Brennmaterial zu verwenden gestatten, besonders die sehr billigen und geeigneten Gruskohlen, ferner Braunkohlen, auch Torf.

Statt der Trichterform giebt man dem Schachte noch besser diejenige eines halben Eies. Die Trichteröfen haben gewöhnlich eine Höhe von circa 3·766—5·649 Meter, eine obere lichte Weite von 2·197—4·708 Meter, eine untere von 1·255—1·569 Meter.

Die Sohle dieser Oefen ist zuweilen horizontal, was jedoch unpraktisch, weil sie nicht allein das Kalkziehen erschwert, sondern auch zur Ansammlung größerer Aschenmengen beiträgt; besser giebt man ihr die Form eines Kegels oder einer vierseitigen Pyramide, deren Flächen 45° Neigung haben.

Am vortheilhaftesten ist es, wenn man die Pyramide in zwei sich kreuzende Dächer enden läßt, deren Schneiden je den Raum zwischen zwei Zuglöchern ausfüllen (siehe unten).

Bei kleineren Oefen genügen drei Zuglöcher von 0·62 Meter Breite und Höhe, zu denen der Arbeiter durch in der Ofenwand ausgesparte Gewölbe leicht gelangen kann; bei größeren bedarf man vier Zuglöcher.

Der Mantel der inneren Wandfläche wird zweckmäßig aus feuerfesten thonigen Sandsteinen hergestellt; er muß glatt und gleichförmig sein, um ein gleichmäßiges Sinken der Beschickung zu bewirken. Auch diese Oefen werden womöglich an Bergabhängen und in der Nähe der Kalkgruben anzulegen sein, zur Ersparung der Transportkosten, der Aufzüge und Rampen.

Bei Inbetriebsetzung dieser Oefen giebt man auf die Sohle zunächst eine Holzlage, darauf eine starke Kohlenlage von groben Kohlen, und schichtet darauf in abwechselnden Schichten Kalksteine und Kohlen. Vortheilhafter verfährt man, wenn man auf die Sohle zunächst eine dünne Lage von leichtem Holz giebt und darauf eine Lage grober Kohlen, endlich auf letztere eine circa 0·31 Meter dicke Lage Kalksteine. Erst wenn diese Masse gehörig durchgebrannt ist, fügt man eine weitere Schichte Gruskohlen und Kalksteine hinzu, läßt auch diese in Brand kommen und fährt so fort. Das Füllen kann um so rascher fortschreiten, je lebhafter das Feuer brennt und je mehr man sich der Gicht des Ofens nähert; doch muß man unten von Zeit zu Zeit ein wenig in den Zuglöchern Luft machen, um den Zug zu befördern.

Was die Dicke der aufzugebenden Kalk- und Brennmaterialschichten betrifft, so richtet sich dieselbe nach dem Abstande von der Sohle des Ofens und der Dichtheit des Kalksteines. Hat der Kalkstein eine größere Dichte und Festigkeit, so bedarf es dickerer Brennstofflagen, als wenn derselbe locker und porös ist; die Brennstofflagen können nach oben hin im Allgemeinen schwächer, die Kalkschichten hingegen dicker werden, und zwar giebt man die größeren Steine in die oberen Ofentheile, weil hier die Hitze durch das von unten nach oben fortschreitende Feuer anhaltender und stärker wirkt.

Man rechnet die Dicke der Steinschichten durchschnittlich 18·31—39·23 Centimeter, die der Kohlenschichten $^1/_6$—$^1/_3$ davon. Am sichersten geht man, die Größe der Kalk- und Kohlenschichten dem Volumen nach zu bestimmen, sie etwa in Kästen oder Körben abzumessen. Hierbei dürften durchschnittlich

auf 3 Volumen Kalksteine 1 Volum Steinkohle,
» » » » 1·5 » Coaks,
» » » » 6—7 » Torf

zu verwenden sein. Freilich ist auch hier nur das Ungefähre in den Mengen anzudeuten, da in letzter Instanz in Hinsicht auf den vorliegenden Kalkstein und Brennstoff doch nur die Erfahrung zutreffende Anhaltspunkte geben kann.

Jedenfalls tritt das Garbrennen der unteren Lagen ein, wenn die Beschickung sich mehr und mehr der Gicht nähert; es kann in diesem Falle das Kalkziehen und mit ihm der regelmäßige, ununterbrochene Betrieb des Ofens beginnen.

Das Kalkziehen erfolgt durch die Ziehlöcher, und zwar abwechselnd, so daß alle nach und nach an die Reihe kommen. Jedoch wird man nicht aus allen in gleicher Menge herausnehmen, sondern namentlich die Gegend des Ofens beachten, wo das Feuer etwaige Unregelmäßigkeiten, hervorgebracht durch Versetzung der Schichten, zeigt. Die Menge des täglich zu ziehenden Kalkes beläuft sich auf $^1/_3$—$^1/_2$ der ganzen Ladung des Ofens. Jedenfalls muß die Erfahrung lehren, wie viel auf einmal von dem gebrannten Kalk auszuziehen ist, da ein Zuviel und Zuwenig in diesem Punkte Nachtheile sowohl hinsichtlich des Productes, als auch des Ofenganges nach sich zieht. Die Zeit, welche zwischen dem Kalkziehen bleibt, benützen die Arbeiter, um Kalkstein und Brennmaterialien abzumessen, und namentlich auch jene in kleine Stücken von der Größe einer Kegelkugel zu zerschlagen, um dieselben in die Gicht einzutragen und in gleichmäßigen Lagen übereinander auszubreiten.

Läßt der Kalkconsum nach und gestaltet sich also der Kalkabsatz zu einem weniger flotten, so kann man den Ofengang verlangsamen, indem man den Zug durch Verschließen

der Zuglöcher verringert, auch die Gicht mit einer Thon- oder Steinschichte bedeckt.

Zuweilen (wie z. B. in England) bringt man auch bei diesen Oefen auf der Sohle einen Rost an, welcher mit dem Schürloch communicirt.

Wie leicht einzusehen, können die Kalköfen mit kleiner Flamme nicht blos für den continuirlichen, sondern auch für den periodischen Betrieb benützt werden, was schon einen bedeutenden Vorzug vor dem früher betrachteten Kalkofen giebt.

Die Construction dieser Oefen in ihren einzelnen Theilen und ihre ganze Behandlung soll aus folgenden Beispielen klar werden.

In Fig. 5 a, b ist ein Trichter-Kalkofen für continuirlichen Brand und Steinkohlenfeuerung im Verticaldurchschnitt und oberer Ansicht abgebildet.

Dieser Ofen hat einen eiförmigen Ofenschacht a von 4·39 Meter Höhe, 3·13 Meter oberem und 1·56 Meter unterem Durchmesser. Die ganze Höhe desselben von der Hüttensohle gerechnet, beträgt 5·02 Meter, die Dicke der Umfassungsmauer an der Gicht 1·56 Meter. b b sind die Ziehlöcher, deren vier am Umfange vertheilt liegen, welche eine Größe von 0·63 Meter im Quadrat haben, und 0·63 Meter über der Hüttensohle in dem 1·89 Meter hohen gewölbten Arbeitsraume c sich befinden.

Die Sohle dieses Ofens d wird aus zwei sich kreuzenden Rippen gebildet, deren Schneiden je den Raum zwischen zwei benachbarten Ziehlöchern ausfüllen und welche das durch die Schwere veranlaßte Herabgleiten der Steine nach den Ziehhlöchern bewirken.

Einen Trichter-Kalkofen, dessen Schacht die Form eines

Fig. 5 a.

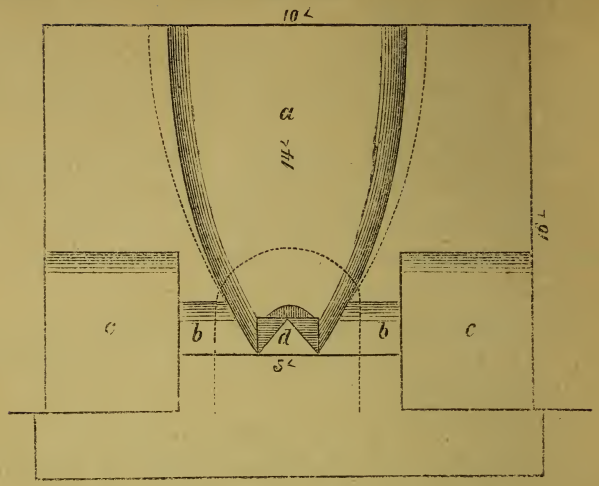
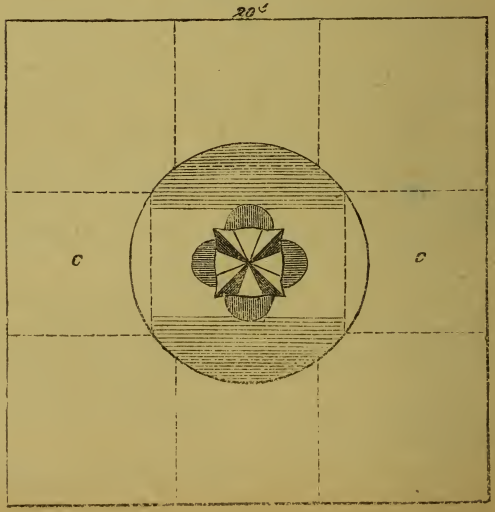



Fig. 5 b.



verkehrten, abgestutzten Kegels hat, zeigt uns Fig. 6 im Durchschnitt.

Der Schacht dieses Ofens hat eine Höhe von 5·64 Meter, einen oberen Durchmesser von 2·19 Meter, an der Sohle 1·25 Meter; er wird in einer Höhe von 26 Centimeter aus feuerfesten Steinen gebildet, während das äußere Mauerwerk aus Backsteinen besteht und 2·3 Meter stark ist Der in der Rauhmauer ausgesparte Raum ist mit Erde vollgeschüttet. Der Ofen hat 4 Ausziehlöcher a von 0·46 Meter im Quadrat, vor denen sich ebenso viele ausgesparte Arbeitsräume von 2·51 Meter Höhe befinden. Die Sohle des Ofens wird aus einem Rost c gebildet; fehlt derselbe, so besteht es aus zwei sich kreuzenden Dächern mit der Abdachung nach den Ziehlöchern hin und befinden sich über letzteren Luftcanäle. In diesen Ofen können innerhalb 24 Stunden 37—41 Hektoliter Kalk gebrannt werden mit einem Kohlenaufwand von 0·7 Hektoliter pro Hektoliter Kalk.

Fig. 6.

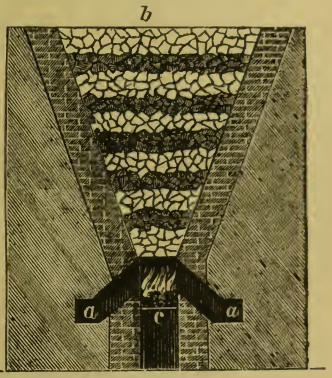



Fig. 7 a und b versinnbildlicht uns den Durchschnitt und Grundriß eines Kalkofens mit kleiner Flamme, dessen Schacht die Form eines Ellipsoids hat, mit einer Höhe von 7·0 Meter. Der Durchmesser desselben an der Sohle beträgt 1 67 Meter, erweitert sich dann in der Höhe von 3·28 Meter auf eben diesem Durchmesser und verjüngt sich von hier bis zur

2 Meter weiten Gicht. Der Kernschacht a und die Sohle bestehen aus feuerfesten Steinen, die Umfassungsmauer b aus Backsteinen, Isolirschicht c besteht aus Asche und steht durch Canäle d mit der Luft in Verbindung, welche eine Abkühlung und in Folge dessen größere Haltbarkeit des äußeren Mauerwerkes bewirken. Canäle e durchsetzen die Kernmauer a, erzeugen besseren Zug für die Feuerung und gleichmäßigeres Abziehen der Kohlensäure. Die Sohle des Ofens f ist kegelförmig gestaltet und stößt an drei Ausziehlöcher g, deren Sohle von einem Rost aus Chamottesteinen gebildet wird. Indem der gebrannte Kalk diesen Rost passiren muß, wird

Fig. 7 a.

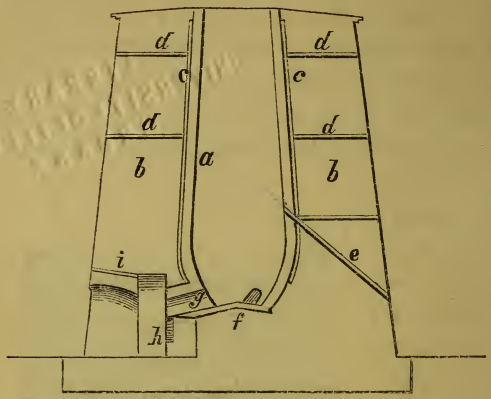
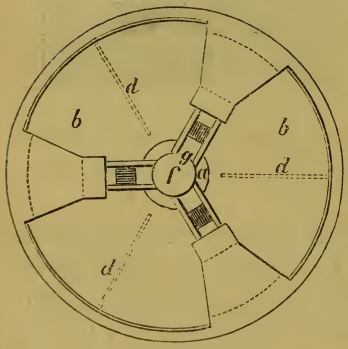



Fig 7 b.



die Kalkasche und die Asche des Brennstoffes abgesondert und fällt in den Aschenfall h. Der Canal i über dem Arbeitsgewölbe nach außen gehend, führt die heißen Gase und Staub beim Kalkziehen ab und erleichtert so die Arbeit. Die Ziehlöcher lassen sich mit Eisenthüren verschließen, welche durch theilweises Oeffnen eine Direction des Feuers nach allen Ofentheilen ermöglichen.

Die Vortheile dieser continuirlichen Oefen mit kleiner Flamme liegen auf der Hand: sie haben den großen Vorzug, daß sie auch geringes, überall leicht zu beschaffendes Brennmaterial anzuwenden gestatten, dessen Preis im Allgemeinen gering ist; sie produciren viel in kurzer Zeit; die Betriebskosten verringern sich bedeutend, das Anlagecapital ist nicht bedeutend. Allerdings stehen diesen Vorzügen auch Nachtheile gegenüber, namentlich der, daß die Qualität des Kalkes durch die beigemengte Asche des Brennstoffes sich vermindert. Jedoch läßt sich dieser Nachtheil theilweise compensiren, wenn man (wie in Fig. 7 b) vor den Zuglöchern Roste anbringt und dadurch Kalkstein und Kalkasche zu zwei Producten separirt.

### 3. Aeltere Kalköfen zu continuirlichem Betriebe mit großer Flamme.

Bei den continuirlichen Kalköfen mit großer Flamme ist die Feuerung von dem zu brennenden Kalke getrennt und befindet sich seitlich in der Umfassungsmauer des Ofens, so daß die Steine nur mit der Flamme und den Verbrennungsgasen in Berührung kommen. Man nennt diese Oefen auch wohl Cylinderöfen oder Rumford'sche Oefen und unterscheidet bei ihnen solche, wo die Feuerungen in einer gewissen Höhe über der Ofensohle liegen — Rüdersdorfer Oefen — solche, wo Feuerungen und Ziehlöcher

in einem Niveau liegen — Hofmann'sche Oefen (Patent von Hofmann in Döbeln im Königreich Sachsen); endlich solche mit Gasfeuerung — Gasöfen von Siemens.

Die Kalkziehlöcher, deren auch bei diesen Oefen drei und mehrere vorhanden sind, liegen ebenfalls an der Sohle derselben, und es wird in dem Maße, wie man periodisch durch dieselben den gebrannten Kalk entfernt, auf die Gicht roher Kalkstein aufgegeben.

Bei dem Rüdersdorfer Kalkofen, welcher gegenwärtig von den genannten am meisten verbreitet ist und thatsächlich auch die besten Resultate liefert, befinden sich die Feuerungen — gewöhnlich drei an der Zahl — in gewisser Höhe über der Sohle und den Ausziehlöchern, und zwar dort, wo die Basen des aus zwei abgestumpften steilen Kegeln bestehenden Schachtes aneinanderstoßen, also am weitesten Theile des Schachtes.

Indem man dadurch die Garbrennzone in den mittleren weitesten Theil des Ofens verlegt, entsteht zunächst der Vortheil, daß den von oben kommenden Kalksteinen ein größerer Raum geboten wird und sie der Volumenausdehnung ohne Schaden für den Ofen folgen können, auch sich weniger reiben und versetzen; ferner, daß die oben gar gebrannten, noch glühenden Steine, indem sie bis zu den Ausziehlöchern abwärts rücken, noch länger im Ofen verweilen und die oben zugegebenen frischen durch ihre überschüssige Wärme mit brennen helfen und, weniger heiß, das Ziehen weniger erschweren. Der sich nach unten hin verjüngende Theil dieser Oefen wird auch Reservator genannt.

Gewöhnlich ordnet man an der Sohle des Schachtes drei Kalkziehlöcher an und giebt denselben eine Neigung nach dorthin, um das Nachrücken des Kalkes und das Ziehen zu erleichtern. Die Ziehöffnungen sind für gewöhnlich durch

Eisenthüren wohl verschlossen und mit Lehm verschmiert, um das Eindringen kalter Luft zu verhindern, und werden nur für das bevorstehende Ziehen geöffnet. Das letztere erfolgt alle 12 Stunden, und zwar Morgens und Abends, und gleichzeitig auch das Beschicken. Vor den Ausziehöffnungen befinden sich im Gewölbe Luftrohre, um die beim Oeffnen der Eisenthüren und beim Ziehen entweichenden Gase und die Hitze ohne Schaden für den Arbeiter abzuleiten. Der durch die Gicht eingegebene rohe Kalkstein gelangt nach 72 Stunden auf die Sohle des Ofens, um hier als garer Kalk gezogen zu werden. Die drei Ziehöffnungen, ebenso die drei Feuerungen werden am vortheilhaftesten auf den ganzen äußeren Umfang des Ofenschachtes gleichmäßig vertheilt, um die Aschenfälle und Luftabzugscanäle bequem anbringen zu können.

Was die Größe dieser Oefen betrifft, so stimmt dieselbe bei den meisten so ziemlich überein. Die innere Schachthöhe beträgt circa 14·123 Meter, und zwar von der 2·197 Meter weiten Sohle bis zu den Feuerungen (2·825 Meter), von hier bis zur ebenfalls 7 Fuß weiten Gicht (11·299 Meter).

Der Kernschacht ist aus feuerfesten Steinen gebildet; zwischen ihm und der äußeren Mauer befindet sich ein Hohlraum von 13·08 Centimeter, der mit Asche ausgefüllt ist.

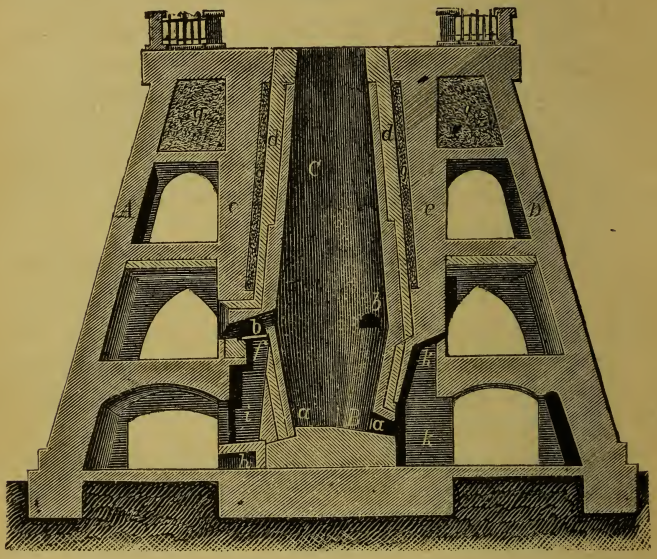
Als Brennstoff dient für diese Oefen meist Braunkohle, weniger häufig Torf und Holz.

Die Einrichtung eines continuirlichen Kalkofens mit großer Flamme nach Art des Rüdersdorfer Ofens wird aus Fig. 8 klar werden, welche einen Verticaldurchschnitt.

Dieser Ofen hat einen 14·12 Meter hohen Schacht C mit daraufsitzendem 4·7 Meter hohem Rauchmantel, in

welchem sich die Einbringethür für die Kalksteine befindet, welch' letztere durch eine Hebevorrichtung zur Gicht emporgehoben werden. Der Schacht, im Querschnitt kreisförmig, ist an der Gicht und ebenso an der Sohle 2·19 Meter weit, in der Höhe der Feuerungen b hingegen 2·82 Meter. Von der tiefsten Stelle der in der Mitte pyramidal erhöhten

Fig. 8.




Sohle B bis zu den Feuerungen beträgt die Höhe 2·82 Meter, von dort bis zur Gicht 11·29 Meter. Der Kernschacht ist aus feuerfesten Steinen 26 Centimeter dick aufgeführt, das ihn umgebende Mauerwerk d aus Backsteinen ist die Isolirschichte. Der ganze Ofen zeigt einen kreisförmigen Querschnitt von 7·21 Meter äußerem Durchmesser und wird von einem achteckigen Ofenhause A eingefaßt.

Der untere Raum des letzteren h ist der Ziehraum und dient gleichzeitig als Lagerraum für den gebrannten Kalk, der obere b hingegen ist der Schürraum und dient als Lagerraum für Kalksteine und Brennmaterialien.

Die Rüdersdorfer Oefen stehen zu Rüdersdorf bei Berlin in größter Anzahl im Betriebe zum Brennen der dortigen Muschelkalke. (Vergl. oben.) Bis zum Jahre 1871 waren nach Hausding nur 4 Oefen in Thätigkeit, seit dieser Zeit sind auf dem sogenannten Tiefbaufelde 18 Kalköfen nach Rumford's System*) erbaut worden. Nach der Zahl der etwa 2·2 Meter über der kegelförmigen Sohle liegenden Roste sind vorhanden 3 Oefen als dreischürige, 4 als fünfschürige, 13 Oefen als vierschürige und 2 Oefen mit sonst gleicher Construction mit Gasfeuerung. Ein dreischüriger Ofen hat folgende Dimensionen:

| | |
|---|---|
| Ofenhöhe zwischen Sohle und Gicht | 10·70 Meter. |
| Kegeldurchmesser . . . . . | 1·88 » |
| Größter Schachtdurchmesser . . . . | 2·197 » |
| Gichtdurchmesser . . . . . | 1·569 » |

Production pro Ofen per Tag 9000 Kilo Stückkalk.

Die vier- und fünfschürigen Oefen haben folgende Dimensionen:

| | |
|---|---|
| Ofenhöhe . . . . . | 10·50 Meter. |
| Kegeldurchmesser . . . . . | 2·20 » |
| Größter Schachtdurchmesser . . . . | 2·80 » |
| Gichtdurchmesser . . . . . | 2·12 » |
| Fassungsraum des Schachtes . . über den Rosten . . | 36·50 Kubikmeter. |
| unter den Rosten . . | 12·50 » |

Der untere Schacht wird täglich zweimal vom garen

*) Jahrb. d. Thonwaaren-Ind. 1878, S. 192.

Kalk entleert, die Production pro Ofen und Tag ist bei vierschürigen Oefen über 11.000 Kilo, bei fünfschürigen 13.000 Kilo Stückkalk.

Der von Hofmann in Döbeln construirte Ofen ist für Steinkohlenfeuerung eingerichtet, also namentlich für kohlenreiche Gegenden von Wichtigkeit. Er unterscheidet sich von dem Rüdersdorfer Ofen namentlich in zweierlei: 1. dadurch, daß die Feuerungen und Ziehöffnungen, deren je vier angebracht sind, in einer Ebene liegen; 2. dadurch, daß die Gicht des Ofens überwölbt und auf die Ueberwölbung eine Esse gesetzt ist, welche den für Steinkohlenfeuerung nothwendigen Zug bewirkt.

Wenn die erste Abänderung auch den Vortheil hat, daß man den eigentlichen Schacht etwas verkürzen, also billiger darstellen kann, so entsteht doch der Nachtheil des Ziehens glühend heißer Steine und des Verlorengehens großer Wärmemengen, der Belästigung des Arbeiters.

Diese Oefen sind im Königreich Sachsen mehrfach angewendet und sollen eine Ersparung der Kosten von Brennmaterial ermöglichen.

### 4. Der Kalkringofen.

Der Hofmann'sche Ringofen, welcher mit so bedeutendem Erfolge zum Brennen von Ziegeln und Thonwaaren sich einbürgerte, derart, daß er für den fabrikatorischen Betrieb alle anderen Systeme verdrängte und in neuester Zeit nur die auf denselben Grundsätzen beruhenden Ofenconstructionen mit ihm in Concurrenz treten können — ist auch für den Kalkbrand in Aufnahme gekommen. Trotzdem seine Ueberlegenheit hinsichtlich der Ausnutzung der Wärme und Verwendung geringen Brennstoffes gegenüber älteren Oefen auch hier außer Zweifel stand, gingen die Urtheile

über seine Brauchbarkeit für vorliegenden Zweck anfangs stark auseinander. Ja bis heutigen Tages ist ein definitives Urtheil darüber nicht gesprochen, wenn auch die Praxis längst bewiesen hat, daß unter Rücksicht auf die dem Ofen inhärirenden charakteristischen Eigenschaften, namentlich auf die Bewegung der Feuergase, Zugvertheilung der Hitze, recht wohl gute Resultate auch beim Kalkbrande sich erzielen lassen, und dabei selbstverständlich auch hier eine Brennstoff-Ersparniß erzielt wird, die gegenüber den älteren Oefen 50 Percent und mehr beträgt.

Bevor wir auf die Eigenheiten des Ringofens, für den Kalkbrand des Näheren eingehen, müssen wir an seine Construction erinnern, die wir mit Hinweis auf ausführliche Beschreibung in Handbüchern für Fabrikation von Ziegeln *) kurz angeben.

Fig. 9.

Die Grundlagen des Ringofens **) werden aus Figur 9 leicht ersichtlich. Ein ringförmiger Ofenkanal ist durch einzusetzende Schieber in die Abtheilungen 1 bis 12 zu zerlegen, wovon jede von außen durch eine Thüre zugänglich ist, andererseits durch einen mit Ventil absperrbaren Fuchs mit dem gemeinsamen Rauch-Sammelcanal und dieser wieder durch mehrere Züge mit dem Schornstein S communicirt. Es werde der Schieber zwischen Abtheilung 1 und 12 eingesetzt und es seien alle Füchse geschlossen bis auf denjenigen von Kammer 12; es seien ebenso alle Thüren mit Ausnahme derjenigen von Kammer 1 geschlossen. Endlich sei der

*) Siehe: Zwick, Natur der Ziegelthone, Wien, Hartleben 1878. S. 485.

**) In Preußen patentirt v. 25. Mai 1858, 1870 Patent aufgehoben.

ganze Canal mit Kalk besetzt, welcher in den Abtheilungen von 1 bis 6 im Abkühlen, in 7 durch von oben einzustreuendes Brennmaterial im Garbrande, in 8 bis 12 im Vorwärmen begriffen ist. Abtheilung 1 sei im Entleeren des Einsatzes.

Im Schornstein S endlich befinde sich eine aufsteigende Luftsäule. Der Vorgang ist nun folgender: Durch die geöffnete Thüre von Kammer 1 tritt kalte Luft ein, dieselbe streicht über die im Abkühlen begriffenen Kalksteine der Kammern bis nach 6 hin, entzieht diesen fortwährend Wärme, wird dabei selbst heiß, kommt nach Kammer 7, liefert hier den zur Verbrennung nothwendigen Sauerstoff, bildet nun heiße Verbrennungsgase, diese streichen über Kalk in den Kammern 8 bis 12, wärmen diesen vor, kühlen sich dabei mehr und mehr ab und entweichen schließlich durch Fuchs und Rauch-Sammelcanal in den Schornstein.

Wie man sieht, ist hierbei bezüglich Verbrennung und Ausnützung der Wärme dreierlei erreicht:

1. Die zur Verbrennung nothwendige Luft wird vorgewärmt und so geeignet, vollkommene Verbrennung und größere Hitze zu erzeugen;

2. Die abziehenden Verbrennungsgase geben ihre Wärme an den zu brennenden Kalk ab, die Wärme wird möglichst vollständig ausgenützt;

3. Der vorgewärmte Kalk kann mit weniger Brennstoff gar gebrannt werden, die Brennzeit ist auch eine kürzere.

Der continuirliche Betrieb gestaltet sich folgenderweise:

Ist Kammer 7 gar gebrannt und die mittlerweile entleerte Nr. 1 mit frischem Kalk vollgesetzt, deren Thüre verschlossen, die Thüre von 2 geöffnet, so wird der Schieber zwischen 1 und 2 eingesetzt, der Fuchs in 12 geschlossen,

der in 1 geöffnet. Die Vorwärmung beginnt in 1 durch die dort abziehenden Gase, der Garbrand schreitet nach 8 fort, die hinreichend gekühlte Abtheilung 2 wird entleert, um neuen Einsatz zu empfangen, und so setzt sich der Betrieb ununterbrochen um den ganzen Ring fort. Eine Abtheilung befindet sich stets im Garbrande, eine in Entleerung und Wiederbeschickung.

Fig. 10.

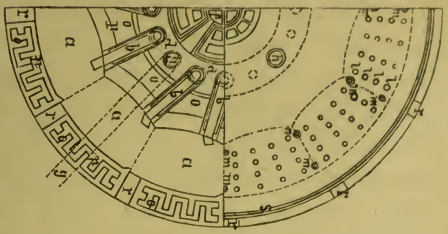
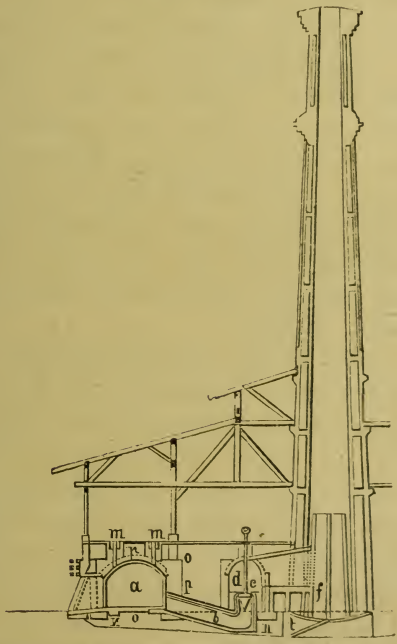


Fig. 11.




In welcher Weise der Constructeur die eben dargelegten Principien zu verwirklichen suchte, geht aus dem in Figur 10 und 11 dargestellten Ringofen hervor.

Dieser Ofen hat 12 Kammern a, die durch Schieber von einander getrennt werden. Die Bewegung der letzteren erfolgt entweder von oben oder von der Seite aus.

Die Höhe der überwölbten Kammern ist etwa 2·5 Meter, jede hat einen Rauchabzugscanal b von 0·63 Meter Breite und 0·78 Meter Höhe, der nach unten um 0·93 Meter geneigt, dann wieder aufwärts steigt und in dem ringförmigen, überwölbten 0·57 Meter hohen Rauch-Sammelcanal d mündet. An der tiefsten Stelle dieses Canales sammelt sich das Condensationswasser und kann von hier entfernt werden. Zum Absperren des Rauch-Sammelcanals dient ein Glockenventil c, welches von außen durch eine daran befestigte Eisenstange bewegt werden kann. Da jede Kammer ein solches Ventil enthält, ist es möglich, sie durch den Rauch-Sammelcanal mit dem Schornstein zu verbinden oder abzusperren.

Der Rauchsammler communicirt mit den Schornstein f durch 4 Canäle. Letzterer hat eine Höhe von mindestens 30 Meter, um den nöthigen Zug herbeizuführen, und ist in der Mitte des Ofens angeordnet. Soll der Schornstein noch die Feuerung eines Dampfkessels aufnehmen, so dient dazu der besondere Canal g, der vom Rauchsammler unter der Sohle des Ofens durch, nach außen führt. Durch ein Mannloch kann man den Rauchsammler von oben her von Flugasche ꝛc. reinigen.

Die Schieber zum Absperren der einzelnen Kammern sind hier von unten eingesetzt und liegen nahe der Eingangsthüren. Jeder besteht aus drei keiligen Eisenblechstücken; durch zwei runde Oeffnungen in dem Gewölbe wird das Anheben mittelst zweier eingehakter Ketten besorgt, wodurch es möglich wird, das untere keilige Stück zur Einkarrthüre herauszuziehen und den ganzen Schieber zu entfernen. Durch Anordnung der Rauchabzugscanäle unmittelbar vor den einzusetzenden Schiebern sind die Feuergase gezwungen, die ganze Abtheilung zu durchstreichen und erst am Ende derselben auszutreten.

Jede Kammer hat eine 1·5 Meter breite und 0·94 Meter hohe Einkarrthüre. Die Befeuerung erfolgt durch die mit Decken verschließbaren Heizlöcher l von oben her. Damit das eingestreute Brennmaterial auf die Sohle des Ofens falle, müssen die eingesetzten Kalkschichten an den betreffenden Stellen unterbrochen rostartig übereinander gesetzt werden.

Der ganze Ofen ist gegen Feuchtigkeit von unten her durch eine Isolirschichte von Asphaltplatten geschützt; das Dach mit Steinpappe überdeckt. Zur Verhinderung der Wärmestrahlung und des Eindringens von Nebenluft ist die Umfassungsmauer des Brenncanals mit Sand und Lehm o p gefüllt. Eine Verankerung an der Außenseite des Ofens bilden die drei Ringe s, die entweder in Holz oder in Eisen ausgeführt werden.

Der Betrieb findet in folgender Weise statt:

Denkt man sich den Ofencanal a mit Kalksteinen besetzt. Schließt man denselben an einer Stelle m, öffnet die davor liegende Einkarrthüre r und den Rauchabzugscanal b vor dem Schieber m, so dringt durch Einkarrthür r ein kalter Luftstrom ein; derselbe geht, da alle anderen Einkarrthüren und ebenso alle sonstigen Rauchabzugscanäle geschlossen sind, von m durch den ganzen Brennring, um bei b den Rauch-Abzugscanal und durch diesen den Sammler und den Schornstein zu erreichen.

Nehmen wir an, Abtheilung 1 bis 6 enthält fertig gebrannten, Abtheilung 7 bis 12 ungebrannten Kalk. Die bei m eintretende kalte Luft erwärmt sich an dem noch heißen Kalk, letzteren dabei abkühlend, passirt die Kammern 1 bis 6 und bedingt, in f eintretend, die Verbrennung des eingestreuten Brennmaterials. Da hier die Kalksteine im Garbrennen begriffen sind, ist auch die höchste Temperatur

vorhanden. Auf dem Wege der Feuergase durch die Kammern 8 bis 12 werden die darin befindlichen Kalksteine getrocknet und vorgewärmt; die Gase selbst verlassen dann ziemlich abgekühlt die Kammern und entweichen durch den Abzugscanal in den Schornstein.

Die Abtheilung 1 wird nach einiger Zeit so weit abgekühlt sein, daß man den fertig gebrannten Kalk entfernen und frischen ungebrannten einsetzen kann.

Ist letzteres geschehen, so schließt man den Schieber der Abtheilung 1 hinter dem frisch eingesetzten Kalkstein, öffnet die Thür zu 2, schließt die Thür bei 1 und öffnet den in 1 befindlichen Rauch-Abzugscanal. Abtheilung 2 wird jetzt abgekühlt und dann ausgeräumt, während die Gase schließlich durch den Abzugscanal in 1 in den Schornstein entweichen. Im jetzigen Falle findet in Kammer 8 das Garbrennen statt.

Um die Arbeiten des Ausräumens und Einsetzens ohne Unterbrechung und gleichzeitig ausführen zu können, öffnet man stets zwei Thüren gleichzeitig; z. B. 12 und 1, 12 zum Einsetzen, 1 zum Ausräumen.

Bei Inbetriebsetzung des Ringofens nimmt man irgend eine Kammer als Anfangspunkt. In dieser wird eine Stirnwand mit vier Rostfeuerungen aufgeführt, hinter der die zu brennenden Kalksteine zu stehen kommen. Das Feuer auf dem Rost wird so lange unterhalten, bis die Kalksteine glühend sind und durch die Heizlöcher von oben eingeworfenes Brennmaterial fortbrennt. Nun entfernt man die Stirnwand, fängt die Befeuerung der zweiten Abtheilung von oben an und geht nach und nach zu dem oben angeführten Betriebe über. Das Feuer rückt in bestimmter Frist, die durch den Garbrand einer Abtheilung ermittelt wird, eine Abtheilung weiter; die Befeuerung erfolgt perio-

disch in Zeiträumen von 5 zu 5 Minuten, wozu der Heizer durch eine Controluhr angehalten wird.

Seit Patentirung des Ringofens im Jahre 1858 ist der Erfinder unablässig bemüht gewesen, die an sich schon zweckentsprechende Construction in allen ihren Theilen zu vervollkommnen, sowie den ganzen Betrieb in einer Weise auszubilden, daß eine große Sicherheit in allen Manipulationen und eine regelmäßige Fabrikation gewährleistet ist. Es läßt sich behaupten, daß selten einer Erfindung von ihrem Urheber sowohl wie von denen, die von ihr Gebrauch machten, ein so hingebendes und ausdauerndes Interesse bewahrt wurde als der des Ringofens. Der deutsche Ziegelverein, den man mit Recht früher einen »Ringofenverein« nannte, da er in seinem Organ, dem »Notizblatt«, in seinen Generalversammlungen fast ausschließlich auf den Ringofen nach Construction und Betrieb sich beziehende Fragen discutirte und auch gegenwärtig vielfach discutirt, das Zusammenarbeiten Vieler an einem Werke mußte demselben zugute kommen und so dem Apparate das ihm bereits durch die rationellen Grundlagen garantirte Uebergewicht über sämmtliche zum fabrikatorischen Ziegelbrande benutzten Oefen sicher stellen. Die Verbesserungen der Construction beziehen sich a) auf Form, b) Brenncanal (Mauer- und Gewölbeform, Schlitze, Schieber, Sohle, Heizschachte), c) Rauch-Sammelcanal, d) Schmauchcanal, e) Schornstein, f) Bauconstruction (Mauerung, Isolirung, Schüttung, Schuppen). *)

Die ursprüngliche Form war die Kreisform und ist auch gegenwärtig für kleine Anlagen die vortheilhafteste, doch hat man auch quadratische, elliptische und rechteckige

*) Ausführliches hierüber siehe: Zwick, Natur der Ziegelthone, S. 493.

Ringöfen gebaut, wie es gerade die Verhältnisse bedingen. Kreisrunde gestatten eine gleichmäßigere Ableitung der Verbrennungsproducte als länglichrunde, dagegen ist ihre Anlage schwieriger.

Beim Bau des Ringofens ist vor allen Dingen auf gute Isolirung des Ofenkörpers vom Baugrunde, Beweglichkeit des Mauerwerks in starker Hitze, sorgfältige Ausführung desselben in Lehmmörtel zu sehen. Der Baugrund muß trocken sein; ist dies der Fall, so genügt eine Sandschüttung. Ist der Untergrund feucht, so erfolgt eine Abdichtung durch Sandschichte und Asphaltplatten, die aber zum Schutze gegen die Hitze 0·8 bis 1 Meter unter der eigentlichen Sohle liegen müssen. Vielfach benützt man die Isolirung mit Ziegelsteinen.

Die Beweglichkeit des Mauerwerks nach unten und nach den Seiten hin wird ermöglicht durch Sandschüttung unter den Fundamenten und zwischen dem Mauerwerk, sowie durch in letzterem ausgesparte trockene Fugen.

Das Mauerwerk kann in den Fundamenten und Stützmauern aus Bruchsteinen, oder das ganze Mauerwerk aus Ziegeln hergestellt werden. Die der Gluth ausgesetzten Wände macht man aus feuerfesten Steinen; die Gewölbe, Rauchcanäle, Heizschächte häufig aus Formsteinen.

Die Anlagekosten stellen sich im Verhältniß zur Leistungsfähigkeit für Ringöfen ungleich niedriger als bei anderen Oefen. Ein 12kammeriger Ofen von

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Kbm. | Kammerinhalt | jeder | Abth. | stellt | sich | auf | ca. | 10.500 M. |
| 18 | » | » | » | » | » | » | » | » | 16.500 » |
| 27 | » | » | » | » | » | » | » | » | 21.000 » |
| 36 | » | » | » | » | » | » | » | » | 24.000 » |
| 45 | » | » | » | » | » | » | » | » | 27.000 » |
| 60 | » | » | » | » | » | » | » | » | 30.000 » |

Hierzu kommt etwa:

$1\frac{1}{3}$ Percent auf Erdarbeiten (Ausgraben, Hinterfüllen),
5 » » Maurer-Arbeitslohn,
5 » » Mauersteine,
7 » » sonstige Materialien (Kalk, Cement),
7 » » Zimmerarbeit und Material,
8 » » Dachdeckungs-Arbeit und Material,
10 » » Eisentheile,
$6\frac{1}{2}$ » » Aufsicht und Nebenausgaben.

Einen oblongen Ringofen von größeren Dimensionen mit Schuppen zeigen Figur 12 a und b.

Der Betrieb ist genau derselbe wie beim runden Ringofen, die Detailconstructionen sind sich ebenfalls gleich.

Der Ofen hat 16 Abtheilungen à 49 Kubikmeter Inhalt, die Länge beträgt 52·00 Meter, die Breite 20 Meter. Die Kammerdimensionen sind: 4 Meter Breite, 6 Meter Länge, 2·6 Meter Höhe.

Die Ausführungskosten belaufen sich für

| | | |
|---|---|---|
| den Ofen . . . . . | 48.300·00 | Mark |
| » Schornstein . . . | 17.100·00 | » |
| » Schuppen . . . . | 41.300·00 | » |
| Zusammen . | 106·700·00 | Mark. |

Erinnern wir uns, um die Leistungen des Ringofens für den Kalkbrand beurtheilen zu können, daß für letzteren zweierlei nothwendig ist: 1. Erzeugung eines genügenden Zuges, welcher die Kohlensäure schnell aus dem Bereich des Kalkes führt und deren Wiedervereinigung mit ihm hindert; 2. eine bestimmte Temperatur, welche ausreicht, den Kalk bestimmter Qualität gar zu brennen; nicht zu hoch, um ein Todtbrennen, nicht zu gering, um ein Ungarbrennen zu verhindern.

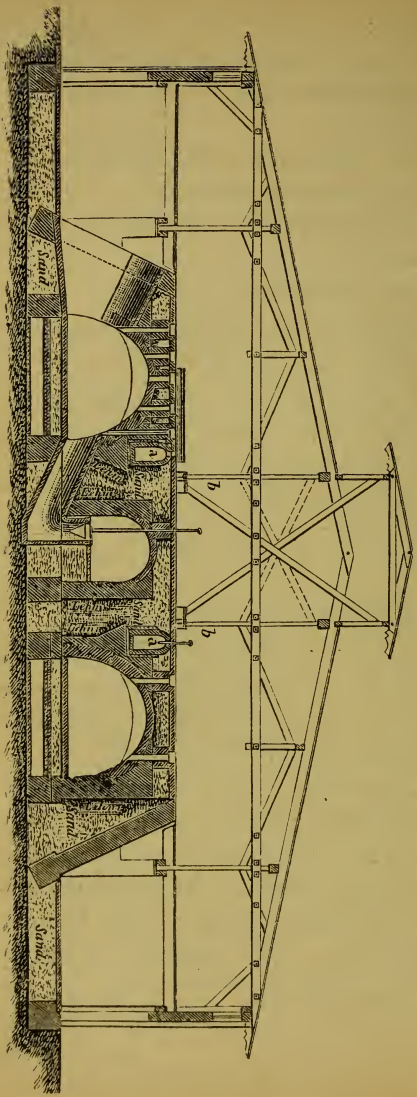



Fig. 12 a.

Während bei dem gewöhnlichen Kalkofen die Brenngase von unten nach oben, also vertical gehen, dieselben also ihrer Tendenz, sich nach oben hin zu verbreiten, Folge leisten können, sind sie im Ringofen gezwungen, mehr horizontal fortzustreben. Die Folge davon ist, daß auch die Hitze nicht in allen Theilen des Ofenquerschnittes dieselbe sein kann. Dort wo die Verbrennung eine vollkommene, ist sie sehr intensiv, dort wo sie unvollkommen — und das wird theilweise an der Sohle der Fall sein müssen — ist sie zu gering. Daraus folgen bedeutende Nachtheile für den

zu erbrennenden Kalk, der in gewissen Lagen zu stark, in anderen zu schwach erhitzt wird. Bei gewöhnlich. Kalköfen ist die Gefahr des Ungar- oder Todtbrennens in Folge des aufstrebenden Zuges und der Möglichkeit einer gleichmäßigeren Vertheilung der Hitze offenbar weit weniger vorhanden.

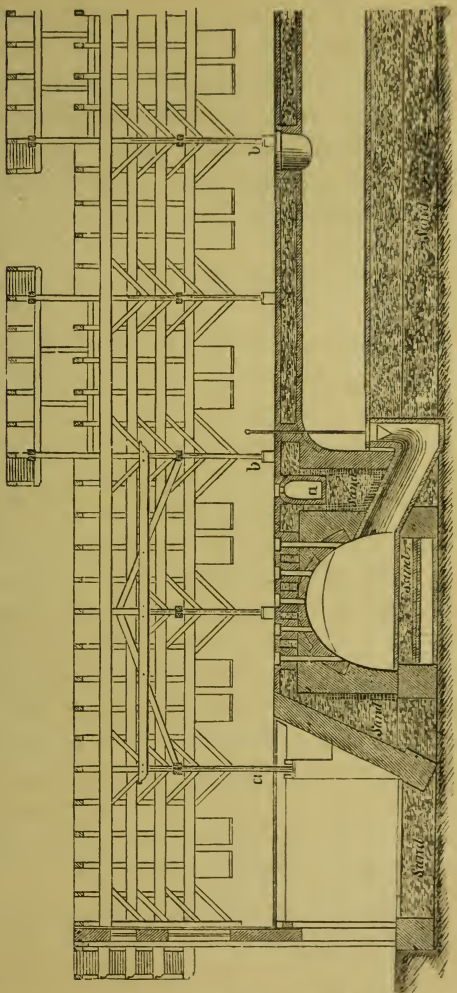



Fig. 12 b.

Beim Ziegelbrande hat diese Eigenthümlichkeit des Ringofens wenig zu bedeuten, da hier ein Sortiren nach dem Brande möglich, beim Kalkbrande soll aber nur ein Product, nämlich an allen Stellen gar gebrannter Kalk erzeugt werden.

Dieser Unterschied in der Richtung des Zuges und Verbreitung der Temperatur erzeugt überdies noch andere Eigenthümlichkeiten.

Im gewöhnlichen Kalkofen finden die vertical aufsteigenden Gase selbst bei Versetzungen noch Auswege, bei horizontalem Zuge wird die geringste Hemmung die Gase sogleich zum Aufsteigen nöthigen, größere Unregelmäßigkeiten im Brande werden die sofortige Folge sein.

Die regelmäßigen Ziegelsteine lassen sich im Ringofen leicht in passender Entfernung und so vertheilen, daß den Erfordernissen eines guten Zuges Rechnung getragen wird, viel schwieriger ist dies bei den unregelmäßigen Kalkstücken; hier hat man nicht immer Stücke, sondern auch Brocken und Körner, die leicht so dicht aneinander kommen, daß sie den Zug hemmen. Giebt man im Ziegelofen immer noch ein Fünftel des Raumes *) für den Zug frei, so reducirt sich dieser Raum vielleicht beim Kalk auf die Hälfte. Nun ist aber für das Kalkbrennen eine größere Hitze erforderlich als für das Brennen gewöhnlicher Ziegel, eine Hitze, die bereits zum Klinkerbrennen hinreicht. Es ist leicht ersichtlich, daß in Folge ungleichmäßigen Zuges, Versetzungen, die Temperatur zu niedrig und der Kalk ungleich gebrannt bleiben wird. Namentlich bei Inbetriebsetzung der Ringöfen ist die nothwendige Temperatur nur schwierig zu erzeugen, ja sie muß, falls sie bei noch nicht ausgetrockneten Oefen gewaltsam herbeigeführt wird, Nachtheile für den Ofen im Gefolge haben.

Aber selbst wenn es gelungen wäre, den Kalk gleichmäßig garzubrennen, so beginnt wieder eine Schwierigkeit

*) Notizbl. von A. Türschmiedt 1869, S. 191.

mit der Abkühlung desselben. Dieselbe erfolgt ja nicht wie beim gewöhnlichen Ofen unter möglichstem Luftausschluß, im Gegentheil, die Hitze des Kalkes soll ja nutzbar gemacht werden zur Vorwärmung der für Verbrennung nothwendigen atmosphärischen Luft. Diese aber ist kohlensäurehaltig, wird also immerhin einen Theil des erbrannten Productes wieder in kohlensauren Kalk überführen, mithin Verluste erzeugen. Hierzu gesellt sich ferner der Umstand, daß das eingestreute Brennmaterial seine Asche an den Kalk abgiebt, somit, wie bei den Oefen mit kleiner Flamme, denselben verunreinigt.

In der That bringt die Construction des Ringofens erhebliche Nachtheile mit sich, und es ist nicht zu verwundern, warum man anfangs den Ringofen für den Kalkbrand für untauglich hielt, warum es erst langer Erfahrungen und eigenthümlicher Behandlung bedarf, um seine sonstigen Vortheile für denselben auszunützen. Im Folgenden seien einige dieser Erfahrungen mitgetheilt.

Nach R. Dittmar muß das Setzen vor allen Dingen so geschehen, daß die Kalkstücke nicht zu dicht auf einandergepackt werden, damit genügende Zwischenräume zum Durchzug für Luft und Feuer bleiben. Die größeren Steine werden zum Setzen der Canäle am Herd entlang und bei den Heizschachten verwendet, und müssen dieselben, namentlich bei letzteren, so gelegt werden, daß sie so viel als möglich Zwischenräume bieten. Die dabei vorkommenden langen Stücke läßt man etwas in den Schacht hineinragen, damit ein Theil der aufzugebenden Kohle darauf liegen bleiben kann. Sind nun 2 bis 4 sich gegenüberliegende Schachte circa 5 bis 10 Centimeter aufgebaut, so werden in den dazwischen liegenden Raum kleinere Stücke geschüttet, welche den Setzern am besten in kleinen Mulden oder

Schwingen zuzureichen bleiben. Sind dadurch die Zwischenräume ausgeglichen, so werden die Schachte ein Stück weiter aufgebaut, dann wieder das Ganze durch die kleineren Stücke ausgeglichen und so fortgefahren, bis die Abtheilung bis an das Gewölbe gefüllt ist.

Werden aber die Stücke sehr klein und sind deren viel vorhanden, was je nach der Beschaffenheit des Kalkes öfter mehr oder weniger der Fall ist, so würden diese, in Menge auf einen Fleck geschüttet, zu dicht liegen und den gleichmäßigen Fortgang des Feuers verhindern; deshalb ist es gut, an solchen Stellen einige größere Stücke hohl zu legen, oder noch besser, wenn dazu circa 1 Meter langes Scheitholz je nach der Entfernung der Heizschachte verwendet wird. Dieses wird dann hin und wieder, namentlich aber an den Seitenwänden, von Schacht zu Schacht und an den Wänden entlang gelegt. Sind dieselben bei zunehmender Gluth erst verbrannt, so werden die dadurch entstandenen hohlen Räume den Zutritt der Luft und den Fortgang des Feuers vermitteln und dazu beitragen, daß eine Stockung des Feuers nicht stattfinden kann.

Als Heizmaterial werden hierbei Steinkohlen immer das beste sein, und zwar ist eine rein ausbrennende, wenig schlackende oder backende Kohle zu wählen, am besten gewöhnliche Nußkohle, da diese wegen ihrer Gleichmäßigkeit auch ein gleichmäßiges Abbrennen zur Folge hat. Reiner Staub oder Grus würden sich nur dort vortheilhaft verwenden lassen, wo Kohlengruben in der Nähe sind, denn bei weiteren Entfernungen, wo die Transportkosten zwei- bis dreimal höher kommen als die Kohle selbst, würden sich die Kosten, durch den bei schlechteren Kohlen bedingten Mehrverbrauch von $^1/_3$, bei sich schwer brennendem Kalk

oft $^1/_2$ und darüber, gegen gute Kohle nur sehr wenig geringer, wenn nicht gar höher stellen.

In dem Maße, wie der Kalk gar wird, brennen die Kohlen immer schneller und reiner ab, die Flamme nimmt nach und nach eine weiße Farbe an und die Masse sinkt mehr und mehr herunter.

Die Dauer des Feuerns richtet sich nach der Beschaffenheit des Kalkes, bei porösem Kalk ist sie kürzer, bei dichterem länger und kann, wenn stets drei Abtheilungen im Feuer sind, in 24 bis 36 Stunden um eine weiter gerückt werden.

Nach Kaliski empfiehlt es sich, beim ersten Umbrande im neuerbauten 12kammerigen Kalkringofen *) zunächst im Interesse der Haltbarkeit des Ofens sich Anfangs mit einem etwas geringeren Product zu begnügen, auch nicht gleich den allerschlechtesten Brennstoff zu verwenden.

Ebensowenig, wie man in einem neuerbauten Ziegelofen sogleich Klinker brennen kann, ebensowenig sollte man vom Ringofen gleich beim ersten Brande ein vollkommen gutes, gares Product verlangen.

Ist es schon beim Ziegelbrennen sehr gut, zuerst in allen Kammern mit einem separaten Schmauchfeuer zu arbeiten, so ist es für den Kalkringofen geradezu erforderlich. Es dürfte sich auch empfehlen, beim ersten Umbrande, ebenso bei Beginn der Campagne statt des Kalkes Backsteine einzusetzen, weil dieselben nicht eine so große Hitze bedürfen und so die Gewölbe und Ofenwände erst nach und nach auf die erforderliche Hitze kommen.**) Nach den ersten

*) Notizbl. von A. Türschmiedt, 1869, S. 418.

**) Notizbl. von A. Türschmiedt, 1869, S. 307.

Umbränden ist das vollständige Gelingen der Arbeit in die Hand des Brenners gegeben, unter Voraussetzung, daß der Setzer den Kalk in hinreichend weiten Zügen einsetzte.

Beim Brennen des Kalkes soll also die Kohlensäure ausgetrieben werden und nebenher sollen auch Wasserdämpfe und Verbrennungsgase entweichen. Beim Brennen der Ziegel beschränkt sich die Aufgabe auf letztere beiden. Der Kalkofen muß aber nicht nur die im Kalk enthaltene, sondern auch die bei Verbrennung entstehende Kohlensäure unschädlich machen. Das letztere erfolgt bei entsprechendem Zuge, dieser wieder erzeugt größere Hitze und diese zwingt den Kalk zum Gehenlassen der eigenen Kohlensäure. Auf jeden Fall muß also beim Kalkofen der Zug größer sein als beim Ziegelofen, 1. damit die Kohlensäure-Atmosphäre entfernt werde, 2. damit die Hitze den Kalk befähigt, die Kohlensäure auszugeben.

Daß man den Zug befördern kann durch Verdampfen von Wasser, was man in Tropfenform über die glühenden Kalksteine giebt, oder durch zeitweise Verwendung von feuchtem Brennstoff, wollen wir nebenher erwähnen.

Beginnt die Abgabe der Kohlensäure bereits mit der Austreibung von Wasserdampf, so hält andererseits der Kalk die letzten Kohlensäure-Antheile bedeutend fest, namentlich wenn er rein ist, und erst die stärkste Hitze vermag sie zu entbinden. Entweicht also ein großer Theil Kohlensäure bei beginnender Gluth, so muß diese ein lebhafter Zug auch forttreiben, damit die darauf folgende Weißgluth nur die letzten Antheile zu entfernen habe. Anwendung einer bestimmten Hitze allein giebt also kein ausreichendes Kriterium für die Behauptung, der Kalk müsse gar sein.

Nach Anführung dieser allgemeinen Gesichtspunkte geben wir hier die Erfahrungen wieder, welche Kaliski beim ersten Umbrande im neu erbauten Kalkringofen machte.*)

Kaliski empfiehlt selbst für Kalksteine verschiedener Qualität genaue Kenntniß des Ofengemäuers in Bezug auf dessen Trockenheit. Die Stellen, welche bei Regen erbaut wurden, bedürfen ein länger anhaltendes Feuer.

Kaliski empfiehlt eine Schildwand in der zu besetzenden Ofenabtheilung aufzuführen und beim Setzen des Kalkes von dieser etwa 39—47 Centimeter, von der Außenwand 7 Centimeter, von der Innenwand 4 Centimeter zurückzubleiben, damit die ganze Kalkmasse in die volle Wirkung der Flamme komme, denn die größte Gluth ist beim ersten Umbrande in der Mitte des Ofenraumes, die schwächere an den Wänden.

Die Schürgassen in der Schildwand sollen 78 Centimeter hoch und 31 Centimeter breit angelegt sein.

Sind die sämmtlichen Kammern bis auf zwei vollgefüllt, so beginnt das Feuern in sämmtlichen Schürlöchern. In den ersten 2—3 Stunden sieht man aus dem Schornstein fast gar keinen Wasserdampf entweichen, hierauf ist die Dampfentwickelung sehr stark und hält 6—8 Stunden an. Jetzt wird das Thürschürloch der hintersten Schildthür geschlossen und die betreffende Glocke gezogen, das Feuer aber in der Schildwand verstärkt; die Wasserdämpfe treten wieder stärker auf. Das Zu- und Abnehmen der Wasserdämpfe bleibt bei den ersten fünf Kammer wesentlich — also bei einem zwölfkammerigen Ofen bei Nr. 10, 9, 8, 7 und 6.

*) Notizbl. v. A. Türrschmiedt. 1869, S. 418.

Ist Kammer 5 geschlossen, so haben die Wasserdämpfe erheblich abgenommen, sie verlieren sich beim Schließen von 4 ganz. Hierauf schließt man die Thürschürlöcher von Nr. 3 und 2. Inzwischen ist das Schildwandfeuer zum Großfeuer verstärkt und nach einer Zeit von 12—18 Stunden geräth die zweite Hälfte von Kammer Nr. 1 und die erste Hälfte von Kammer Nr. 2 in helle Rothgluth. Der Zug ist nun zu reguliren durch Schließen der Glocken 10 und 9, Oeffnen von 8 auf das Maximum. Hat sich die Hitze in den genannten Kammern Nr. 2 und 1 zur Weißgluth verstärkt, so wird weniger Kohle in die Heizlöcher gegeben. Nach 12 Stunden wird Glocke 8 gesenkt, 9 gezogen, damit Kammer Nr. 8 und $^3/_4$ von Kammer 9 umsomehr erwärmt werden. Nach abermals 12 Stunden wird Glocke 9 geschlossen und 10 gezogen. Zuerst erscheint dann Kammer Nr. 1 dunkel, weil der Zug auf einmal stark ist; dann wird Glocke 10 heruntergelassen und die erste Hälfte von Nr. 1 in Weißgluth gebracht.

Während des Brandes sinkt natürlich der Kalk; die Größe des Sinkens betrug auf eine Höhe von 2·2 Meter bei verschiedenen Kalksorten 62—78 Centimeter. Dieses Sinken ist nothwendig, um sicher zu sein, daß der Kalk gar wird. Kalisti betont, daß drei verschiedene Kalke zum Austreiben der Kohlensäure dieselbe Gluth brauchten.

Gelegentlich eines Berichtes über das Labatlauer Kalkwerk (siehe weiter unten) macht Kaliski darauf aufmerksam, daß der Praktiker für den Ringofenbetrieb kennen muß die Structur des Kalksteines und den Kohlensäuregehalt desselben, weil darnach die zur Anwendung kommende Wärme, mithin der Zug, zu reguliren ist. Hydraulische Kalke, deren Kohlensäuregehalt unter 40 Percent beträgt, verlangen nach ihm nur Rothgluth; Dolomite, deren

Kohlensäuregehalt dagegen mehr als 40 Percent, verlangen schwache Weißgluth, Urkalke kräftige Weißgluth zum Garbrennen. *)

Auch Kalkringofen-Besitzer Kelz in Pelm verbreitet sich über den Kalkbrand im Ringofen und betont, daß die Zugcanäle, welche beim Einsetzen des Kalksteines auszusparen sind, viel größer sein müssen als beim Ziegelbrennen, weil hier mehr Gase abzuführen und höhere Wärmegrade zu erzeugen sind. Ueber das Setzen, Anfeuern ꝛc. läßt sich derselbe folgenderweise aus: das Setzen betreffend: Die Höhe der Zugcanäle beträgt 90 à 80 à 60 Centimeter von der Außen- nach der Innenseite des Ofens; Weite 20—25 Centimeter. Die Feuerschachte werden bis zur Höhe der Canäle circa 40 Centimeter und von da ab circa 16 Centimeter im Quadrat aufgeführt. Um die inneren Auskragungen entbehrlich zu machen, werden selbe nicht ganz vertical, sondern etwas schräge oder schief, conträr der Zugrichtung ausgespart. Die Abweichung beträgt auf der Herdsohle circa 20 Centimeter. Diese Anordnung gewährt den Vortheil, daß die Heizschachte auf der Vorderseite einen treppenähnlichen Aufbau erhalten, auf dessen Vorsprüngen das Brennmaterial theilweise hängen bleibt. In allen anderen Beziehungen wird das Einsetzen nach der Instruction executirt.

Das Anfeuern. Die Inbetriebsetzung eines neu erbauten Ringofens gebietet weit größere Vorsicht als die Wiederaufnahme des sistirten Betriebes. In letzterem Falle kann das Verfahren vereinfacht werden, namentlich beim Kalkbrennen. Wir beginnen mit der Befeuerung, sobald sieben Abtheilungen beschickt sind. Es gewährt dies den Vortheil, daß man ungleich schneller über die Anfangsschwierig-

*) Notizbl. 1873, S. 340.

keiten hinwegkommt. Um die erste Abtheilung leichter und sicherer gar oder vollständig durchbrannt zu erhalten, sparen wir in der Höhe der Schildwand, etwas unter dem Gurtbogen, eine vierte Feuerstelle aus, welche so lange dicht verschlossen bleibt, bis die Gluth in die oberen Partien getreten und dort mit Erfolg gefeuert werden kann. In diesem Feuer kann man eine sehr große Kraft entwickeln und die Gluth der ganzen Abtheilung mit Leichtigkeit zur Weißglühhitze steigern, da nunmehr die ganze Vorderpartie der Abtheilung in energischen Angriff genommen ist.

Auch die Rostfeuerung in den Schürgassen der Schildwand hat sich bei uns nicht vollständig bewährt. Vermöge der nothwendigen Höhenlage der Roste bestreichen die darauf erzeugten Feuergase nicht die Herdsohle; sie haben vielmehr das Bestreben, sich zu heben und sich immer mehr vom Herd zu entfernen. Aus diesem Grunde ist es schwer, wenn nicht unmöglich, die Abtheilung durch und durch gar zu brennen. Erheblicher ist jedoch noch ein zweiter Uebelstand, der hieraus resultirt: dies betrifft die Aufnahme der Schachtbefeuerung. Ist nämlich der Herd nicht glühend und heißer als die aufsteigenden Partien, dann brennt das Brennmaterial nicht rein ab und es giebt leicht Uebelstände. Um nun von vornherein die Herdsohle möglichst zu erreichen, lassen wir in den Schürgassen die Roste gänzlich weg und befeuern mit gemischtem Brennmaterial: Holz und Kohlen. Jedoch legen wir vorne in den Schürgassen einen starken Eisenstab quer durch, in einer Höhe von circa 40—45 Centimeter, welcher den Holzscheiten zum Träger dient. Auf diese Holzscheite, welche nach dem Innern der Abtheilung den Herd berühren, bringen wir eine Charge von größeren Stückkohlen. Diese Holzlagerung ersetzt also gleichsam die Roststäbe. Bei der nach innen geneigten Lage streicht der

horizontale Luftzug in einem gewissen Winkel hindurch und trifft in jedem Punkte die Gluth. Nicht allein wird die Herdsohle gehörig ergriffen, sondern es kann auch keine kalte Luft in den Ofen fallen, was aber bei Rostfeuerung in erheblichem Maße der Fall ist, da hier kalte Luft durch den Aschenzug in den Ofen gelangt.

Auch die Schmauchfeuer an den Eingangsthüren werden von uns nicht lange unterhalten. Es erscheint dies beim Kalkbrennen zwecklos, ja sogar nachtheilig. So lange dieselben unterhalten werden, ist keine energische Spannung, kein hoher Wärmeeffect im Ofen zu erzielen. Wir schließen die Schmauchfeuer bereits nach 24 Stunden bis auf 1 oder 2, und auch diese nach kurzen Intervallen. Sobald der Ofen vollständig geschlossen ist, entwickelt sich das Feuer mit accelerirter Geschwindigkeit und ein flottes Beschicken ist daher unerläßlich. Gewöhnlich können wir schon am dritten Tage mit der Befeuerung von oben herab nachhelfen, bis allmälig der geordnete Betrieb erzielt und das Feuer in den Schürgassen nur zur Verhütung der raschen Abkühlung, d. h. zur Deckung des anderen mäßig unterhalten wird. Tritt das Feuer aus der zweiten Abtheilung heraus in die dritte, sind also die ersten beiden fertig gestellt, dann werden die Schürgassen nicht mehr befeuert; es macht sich im Gegentheil der Umstand geltend, die Schildwand oben zu durchbrechen, um nach und nach dem Feuer mehr Speiseluft zuzuführen, deren es in einem erhöhten Maße bedarf. Wollte man beim Kalkbrennen die Schildwand bis zum Eintritte des Feuers in die vierte und fünfte Abtheilung intact lassen, so würde man nach unseren Erfahrungen nicht vorankommen; das Feuer erstickt.

Befeuerungsmethode. Wir haben normaliter vier Schachtreihen in der Befeuerung. In den beiden letzten

steigt das Brennmaterial bis an's Gewölbe; sie werden also gefüllt erhalten, während in den beiden vordern auf den Herd befeuert wird. Das Chargiren geschieht nach dem Schlage der Uhr jede Viertelstunde. Die beiden hinteren (gefüllten) Schachtreihen werden in gemessenen Intervallen aufgestakelt und von neuem mit Stückkohlen gefüllt. Der glühende Coaks fällt auf den Herd und entwickelt dort eine energische, andauernde Wärme. Wir betrachten die hinterste Schachtreihe als Deckungsreihe der Abtheilung und unterhalten darin zwar ein kräftiges, aber kein zu intensives Feuer. Die Schachte derselben werden daher nicht so oft, wie die folgenden, durchgestakelt und aufgesetzt (wie unsere Brenner dies nennen), etwa alle $1^1/_4$—$1^1/_2$ Stunden. Die folgende Schlachtreihe wird dagegen als die Leistungsreihe — welche den Hauptantheil an der Expulsirung der Kohlensäure hat — aufgefaßt und es gilt daher als Regel, selbe recht nachhaltig und energisch zu befeuern. Diese Schachte werden jede $^3/_4$ Stunden aufgestakelt und von neuem beschickt. Unabhängig hiervon geht die gewöhnliche Chargirung vor sich, und zwar jede Viertelstunde. In der vordern Schachtreihe anfangend, werden die Feuerschachte alle auf einmal befeuert, vorne schwach, hinten mäßig stark, in der Mitte stark.

Hier noch folgende Anmerkung: Ist die sogenannte Weißgluth an eine Schachtreihe herangetreten, dann gilt es ganz besonders, dieselbe so lange recht lebhaft zu unterhalten, bis die Zone der Schachtreihe zur Gare übergeführt ist. Vernachlässigt der Brenner diese Vorschrift und die Weißgluth schreitet im Ofen weiter, ehe sie ihre Arbeit gehörig vollbracht hat, dann ist das Versäumte nicht mehr nachzuholen. Die Weißgluth läßt sich, um mich so auszudrücken, zum zweiten Male nicht wieder vorführen; alles

fleißige Bedienen, alle Mühe ist vergeblich; die Schachtzone wird nicht durchgar und es giebt sogenannte Dreckschachte. Wird aber der rechte Zeitpunkt auch jedesmal in der rechten Weise wahrgenommen, so giebt es wahre Musterbrände; das Feuer schreitet erstaunlich rasch voran und die gebrannten Abtheilungen sind rein und tadellos. Ganz besonders bewahrheitet sich der Satz: »Je kürzer der Brennproceß, desto besser löscht der Kalk und desto ergiebiger ist er und — desto weniger Brennmaterialverbrauch«.

Die Zugstärke und das Voranschreiten des Feuers. Ein doppelter Grund macht die Anwendung eines starken Zuges beim Kalkbrennen durchaus nothwendig. Die trägen kohlensauren Gase können nur durch einen kräftigen Zug fortgetragen werden. Zudem erfordert auch die Erzeugung der zum Kalkbrennen nöthigen Wärmegrade einen lebhaften Zug. Ist der Zug zu schwach, um die austretenden kohlensauren Gase schnell und gründlich zu entfernen, so giebt es ein mangelhaftes Fabrikat, das nur träge und unvollständig löscht. Ingleichen ist die Entwickelung des Feuers behindert und es schreitet langsam voran. Ein guter Brenner operirt in der Regel mit starkem Zuge; nur selten werden Moderationen bei ihm nöthig. Mit der Stärke des Zuges hängt auch die Bewegung der Wärme, resp. das Fortschreiten des Feuers innig zusammen, es sei denn, daß die Zugcanäle zu klein seien oder aber sich unverbrannte Kohlenreste darin angesammelt haben würden. Aber auch dieser Uebelstand kommt bei einem guten Feuer nicht vor, wenn anders die Kohle keine sehr backende und unreine ist. Sollten aber hin und wieder einzelne Schachte fest (verstopft) werden, so lasse man sie so lange ruhig stehen, bis sie hell werden, d. h. die Kohlenmasse darin durchbrannt ist.

Sowohl mit der Aufnahme neuer Schachte in den Turnus der Befeuerung als mit dem Absetzen der fertig gebrannten sei man vorsichtig; erstere dürfen nicht zu früh und nicht zu stark beschickt, letztere nicht zu lange unterhalten werden. Wir setzen die letzte Schachtreihe ab, wenn die vorletzte beinahe das nöthige Schwindmaß — das untrüglichste Kennzeichen für die Gare des Kalkes — aufweiset, und sehen zu, daß die letzte reichliche Chargirung auch vollständig abbrennt und die Zugwege nicht behindert.

Bei einer Zugregulirung von zwei Glocken hoch, die dritte halb hoch, brennen wir in 24 Stunden eine Abtheilung ab, und wenn nöthig, in 20 Stunden. Fehlbrände kennen wir nicht mehr, und unser Kalk, der meistens nach dem Rheine hin abgesetzt wird, ist gesucht.

Was die Erfolge des Ringofens anbetrifft, so liegen darüber Erfahrungen vor u. A. von dem Kalkwerke Dornap (Westphalen). Der Besitzer H. Meyberg vergleicht die Brennresultate des Kalkringofens mit demjenigen eines Trichterofens.*)

Der Trichteröfen liefert täglich circa 600 Centner gebrannten Kalk.

Der Ringofen liefert täglich circa 466 Centner gebrannten Kalk.

Der Trichterofenkalk beträgt pr. Waggon 46·46 Hektoliter.
» Ringofenkalk » » » 54·96 »
ist also beinahe $^1/_{10}$ leichter als ersterer. Die Wiederverkäufer verlangen daher Trichterofenkalk, wenn sie nach dem Gewicht verkaufen; Ringofenkalk, wenn sie nach dem Volumen verkaufen.

*) Notizbl. 1870, S. 211.

Bei Gelegenheit des Baues einer Ruhr-Brücke lieferte das Werk 20 Waggons Kalk im gelöschten Zustande.

Jeder Waggon Ringofenkalk, à 54·96 Hektoliter, lieferte 18·53—18·70 Kubikmeter gelöschten Kalk, jeder Waggon Trichterofenkalk, à 49·46 Hektoliter, dagegen nur 12·36 Kubikmeter.

Weitere Ergänzungen giebt Meyberg*) über den Betrieb seines Kalkwerkes im Jahre 1871.

Es wurden in diesem Betriebsjahre gebrannt:

Im Ringofen.

2397$^{5}/_{12}$ Waggons Kalk à 100 Centner mit
292$^{1}/_{2}$ » Kohlen für
3296 Thlr. 2 Sgr. 6 Pfg. Löhne.

Im Trichterofen.

2066 Waggons Kalk mit
348·88 » Kohlen für
1685 Thlr. Löhne.

Sie ergaben an gebranntem Kalk:

| im Ringofen: | im Trichterofen: |
|---|---|
| 1120 Waggons | 918$^{1}/_{2}$ Waggons. |

Davon erforderten 100 Centner gebrannten Kalkes:

| | |
|---|---|
| 25·98 Ctr. Kohlen bess. Qualit. | 38 Ctr. Kohl. gering. Qualit. |
| 2·94 Thlr. Löhne | 1·84 Thlr. Löhne |
| 214 Ctr. Kalksteine | 225 Ctr. Kalksteine, |

wobei der Ringofen fast keine Kalkasche, der Trichterofen dagegen großen Verlust an Kalkasche brachte.

Es kostete somit ein Waggon Kalk:

*) Notizbl. v. A. Türrschmiedt. 1871, S. 127.

| im Ringofen: | | | im Trichterofen: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohlen | 5 Thlr. | 7 Sg. 6 Pf. | Kohlen | 5 Thlr. | 9 Sg. — Pf. |
| Löhne | 2 » | 22 » — » | Löhne | 1 » | 25 » — » |
| Steine | 4 » | 8 » 6 » | Steine | 4 » | 15 » — » |
| Summ. | 12 Thlr. | 8 Sg. — Pf. | Summ. | 11 Thlr. | 19. Sg. — Pf |

Der Waggon Ringofenkalk wurde um 1 Thlr. 3 Sg. 6 Pf. theuerer als Trichterofenkalk verkauft; Kalkasche, wenn sie überhaupt verkäuflich, kostet $^1/_4$ vom Trichterofenkalk.

Da der Ringofenkalk leichter und ergiebiger als der Trichterofenkalk (siehe oben) — jener erlaubt 100 Scheffel per Waggon zu laden, dieser nur 90, jener gab 24 bis 25 Kubikfuß per Tonne gelöscht, dieser nur 17—18 — so hält der Ringofenkalk die Concurrenz somit auf ganz erheblich größere Entfernungen aus und bringt ein coulanteres und lucrativeres Geschäft als Trichterofenkalk.

Auch Kalisky hat neuerlich Erfahrungen über verschiedene Ringofenkalkwerke veröffentlicht, aus welchen zunächst hervorgeht, daß der Ringofen die alten periodischen und Trichteröfen mehr und mehr verdrängt.

So arbeitet das Kalkwerk Setzdorf in den nordöstlichen Ausläufern der Sudeten mit 5 Ringöfen und brennt einen sehr reinen Kalkstein, der zu chemischen Zwecken, für Zucker- und Gasfabriken zu verwenden und welcher einen zwar langsam erhärtenden, aber sehr festen Mörtel giebt. Der Kalkstein brennt sich schwer, verträgt die stärkste Weißgluth; 1 Kubikmeter gebrannten Kalkes giebt über 5 Kubikmeter gelöschten Kalk von schneeweißer Farbe.

In Labatlan an der Donau (Komorner Comitat) arbeitet ein 16kammriger Ringofen mit 1000 Centner Inhalt und giebt befriedigende Resultate.*)

*) Notizbl. 1873, S. 390.

## 5. Der Canalofen.

Bekanntlich beginnt neuestens dem Ringofen in der Ziegelbrennerei Concurrenz zu machen der auf gleichen Grundsätzen beruhende Canalofen von O. Bock. Bei demselben ist das Brenngut beweglich, das Feuer festliegend, während bei dem Ringofen das Entgegengesetzte der Fall ist, nämlich das Brenngut festliegt, dagegen das Feuer wandert.

Obwohl Erfahrungen über seine Verwendbarkeit zum Kalkbrande zur Zeit noch nicht vorliegen, müssen wir doch kurz auf seine Construction aufmerksam machen, weil seine Benützung in dieser Richtung nur eine Frage der Zeit zu sein scheint.

Der Bock'sche Canalofen besteht aus einem gemauerten Canal von circa 40 Meter Länge, der an einer bestimmten, nahe der Mitte seiner Länge befindlichen Stelle einen feststehenden Herd hat und durch dessen Feuer erhitzt wird. Die Brennobjecte gelangen auf beweglichen Plattformen in den Canal, erwärmen sich auf dem Wege zur Feuerstelle durch die abziehenden Feuergase successive und schmauchen so ab, werden dann an der Feuerstelle gar gebrannt und durchlaufen, sich allmälig abkühlend und dabei die über sie streichende Verbrennungsluft erwärmend, das entgegengesetzte Ende des Canales, um beim Heraustreten aus demselben verladen zu werden.

Das Princip dieses Ofens war bereits früher von Borrie in Commercy bei Paris für Construction eines Thonwaaren-Brennofens benützt worden, ohne daß derselbe reussirte.

Die Figuren 13—18 versinnlichen uns die Construction des Bock'schen Canalofens.

Derselbe bildet einen geradlinigen horizontalen Canal von 50—60 Meter Länge, 1—1·5 Meter Breite und 1 bis 1·4 Meter Höhe. Er ist aus Bruchsteinen oder Ziegelsteinen aufgemauert und im Feuerraum mit Chamottesteinen ausgefüttert. (Fig. 13, 14, 15.)

Fig. 13.

Fig. 14.

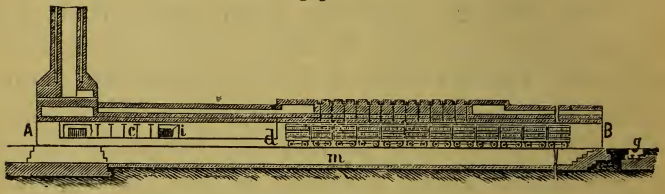
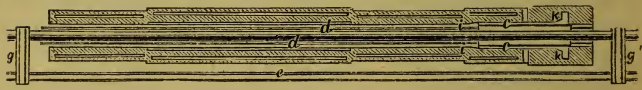



Fig. 15.

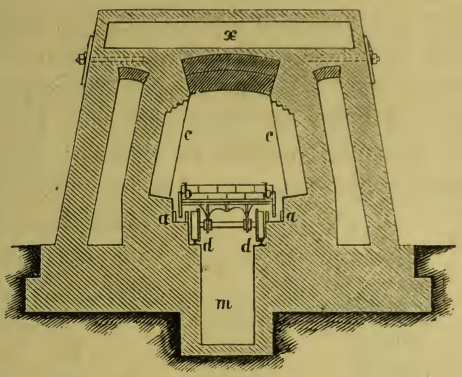



Wie aus dem Querschnitt Fig. 16 hervorgeht, ist der Canal nach unten hin mit treppenförmigen Absätzen versehen. Auf dem oberen Absatz liegen die gußeisernen Rinnen a a zu beiden Seiten des ganzen Ofens; der untere trägt die Schienen d d, die durch Schiebebühnen g g' an beiden Ofenden mit dem Geleise e in Verbindung stehen.

Auf die Schienen im Innern des Ofens werden kleine

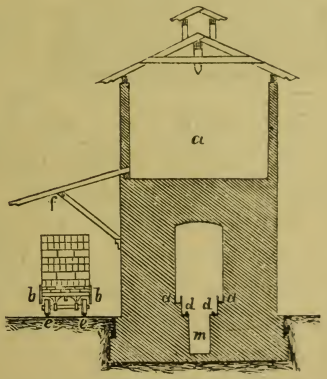
Wagen geschoben, die aneinandergeschlossen, den Ofen seiner ganzen Länge nach ausfüllen. Diese Wagen werden vorher außerhalb des Ofens mit dem zu brennenden Kalkstein beladen.

Fig. 16.



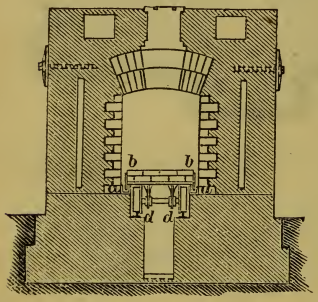

Die Seiten des Wagens haben noch unten die Ränder b b, die in die mit Sand gefüllten Rinnen a a eingreifen und hierdurch beim Betriebe den ganzen Ofen in zwei luftdicht getrennte Theile scheiden (Fig. 16 und 17). Die Wagen sind untereinander durch Federn und Nuthen o verbunden. Die Nuthen werden mit weichem Lehm ausgeschmiert in letzteren drücken sich die Federn fest ein und bewirken einen luftdichten Verschluß (Fig. 17.) Um ein Verbrennen der Eisentheile des Wagens zu verhüten, wird derselbe von oben mit zwei Schichten Ziegelsteinen bemauert, die Luftströmung in dem unteren Theil läßt ein zu starkes Erhitzen nicht zu.

Fig. 17.



Die Intriebsetzung des Ofens erfolgt nun in folgender Weise. Von dem Schornsteinende her werden ein mit Rost versehener Feuerwagen und ein mit Kalk beladener Wagen in den Ofen eingefahren und derselbe dann mit einer transportablen Thür verschlossen. Nachdem das Mauerwerk an der betreffenden Stelle erwärmt, schiebt man weitere Wagen ein, bis man zu dem Brennraum gelangt. Von hier aus findet das Feuern von oben statt durch Einstreuen von Brennstoff zwischen die glühenden Massen. Den Feuerwagen kann man nun entfernen. Die Heizöffnungen sind schlitzförmig und treffen immer auf den Zwischenraum, den zwei aufeinander folgende Wagen bilden. (Fig. 18.)

Fig. 18.




Die Kalksteine werden auf ihrem Wege zum Feuerraum allmälig angewärmt bis zur Rothgluth, über diesen Raum hinaus findet wieder ein Abkühlen statt durch die an der Ausfahrt des Ofens eintretende frische Luft. Die Ausfahrtsöffnung am Kühlende ist ebenfalls mittelst einer auf Räder und Schienen laufenden Thür verschließbar. Dieselbe liegt unmittelbar vor dem letzten Wagen und hat eine verstellbare Oeffnung zur Regulirung des Luftzutrittes. Die eintretende Luft erwärmt sich hierbei an den gebrannten und abzukühlenden Steinen und gelangt mit hoher Temperatur in den Feuerraum.

Es wird hierdurch eine wesentliche Ersparniß an Brennmaterial und Zeit erzielt. Zur Heizung ist ein möglichst trockenes und zerkleinertes Material erforderlich. Um dies

immer zu haben, hat man den Canalofen mit einem Unterbau (Fig. 13) versehen, dessen höherliegende Mitte das Brennhaus bildet, von wo aus der Ofen durch die Heizöffnungen im Gewölbe befeuert wird (Fig. 18).

Der niedriger liegende Theil A (Fig. 13—16) dient als Trockenraum für Kohlen. Vortheilhaft ist es ebenfalls, das äußere Schienengeleise zu überdachen (Fig. 16), damit die mit Isolirschichten von Mauerwerk versehenen Wagen nicht vom Regen leiden.

Innerhalb einer, respective zweier Stunden wird ein frischer Wagen eingebracht; die ganze Reihe ist in dieser Zeit durch einen Mechanismus um eine Wagenlänge vorwärts gebracht. Dieser Mechanismus ist meist eine Schraube mit Hand-, Göpel- oder Dampfbetrieb.

Die Thür der Einfahrtsöffnung wird von dem bewegenden Motor vermittelst einer Druckstange so lange auf den Schienen mit fortbewegt, bis der Wagenzug um eine Wagenlänge vorwärts gebracht und der Raum für einen nun wieder einzufahrenden Wagen frei ist. Nach Entfernung der Druckstange wird die Thür zurückgerollt, der neue Wagen eingeschoben und der Ofen wieder durch die Thür verschlossen.

Die zuletzt eingeführten Kalksteine erwärmen sich allmälig, wobei das Schmauchen der Steine eintritt, d. h. das dem Kalke mechanisch oder hygroskopisch beigemengte Wasser entweicht in Dampfform.

Um die Flugasche unschädlich zu machen, hat Bock folgende Construction angewandt. In einer gewissen Entfernung von der Einfahrt des Ofens, nach dem Feuerraum zu, treten die Seitenwände des Canalofens etwas zurück (Fig. 14) und gehen in der neuen Breite bis zu den Schornsteincanälen. Die ursprüngliche Breite läuft aber ebenfalls bis zur Ofeneinfahrt, wie aus Figur 15 ersichtlich,

und ist nur an der Erweiterungsstelle i des seitlichen Mauerwerkes durch eine abgeschrägte Oeffnung i durchbrochen. Diese geradlinige Fortsetzung des seitlichen Mauerwerkes wird durch ineinandergeschobene Eisenplatten c gebildet, zwischen denen und dem zurückspringenden Mauerwerk ein canalartiger Raum entsteht, der durch einen seitlichen Rauchcanal K mit dem Schornstein communicirt.

Feuergase und Flugasche treten nun in die Ausströmungsöffnungen i und gelangen zwischen dem eisernen Einsatze und den erweiterten Ofenwänden durch i in's Freie. Die eisernen Wände entziehen daher den Feuergasen viel Wärme und geben sie zum Erwärmen der Kalksteine und zum Verdampfen des eingeschlossenen Wassers wieder her Die sich bildenden Wasserdämpfe sind nun gezwungen, denselben Weg wie die Feuergase zum Entweichen zu nehmen, müssen also wieder rückwärts streichen. Dabei passiren sie den heißen Theil, die Mitte des Ofens, werden höher erwärmt und verlieren das Bestreben, sich zu condensiren. Durch Einführen erwärmter Luft in seitliche Oeffnungen des Ofens wird das Entweichen der Wasserdämpfe wesentlich beschleunigt.

Die Schmauchzeit ist hier eine sehr kurze, ebenso die Abkühlungszeit, da andere Oefen zu diesen Processen so viel Tage wie der Canalofen Stunden gebrauchen.

Der Erfinder hat in den Jahren 1875—76 in verschiedenen Ländern bereits 35 derartige Oefen ausgeführt für den Ziegelbrand. Statt der anfangs gußeisernen Wagen, welche vielfach sprangen, benützt er gegenwärtig schmiedeeiserne und läßt dabei die Kanten an der Plattform weg; die Bewegung wird nicht mehr durch eine Schraube, sondern durch eine hydraulische Presse oder einen Flaschenzug hervor-

gebracht. Der Querschnitt der Oefen wird ferner auf $1\frac{1}{2}$ Meter verbreitert.

Für einen zum Kalkbrand bestimmten Ofen zu Hildesheim sind die Wände schräg construirt; derselbe ist 1 Meter breit und soll mit 30 Centner Kohle 200 Centner Kalkbrennen, allerdings auch die Schwierigkeiten bieten, den Kalk rein zu erhalten.

Ueber den Werth des Canalofens gegenüber dem Ringofen sind die Praktiker gegenwärtig noch verschiedener Meinung. Man hebt hervor, daß eine wesentliche Brennstofferſparung wohl nicht, aber auch kein Mehraufwand zu erwarten, daß die Leistungsfähigkeit, auch der Betriebsaufwand und die Qualität der Waare die gleichen des Ringofens sein dürften, dagegen erleichtere er das Ein- und Aussetzen der Waare bedeutend, lasse sich leicht translociren, da fast das ganze Anlagecapital bis auf den Canal beweglich, und sei leicht zur Gasfeuerung einzurichten, auch mit Trockenöfen zu verbinden.

## Gaskalköfen.

Die Verbrennung in unsern gewöhnlichen Feuerungen hat bekanntlich bei vollkommener Ausnützung der Brennstoffe mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen, nämlich:

a) ist sie eine vollkommene, so bedarf sie großen Luftüberschuß und die Folge desselben ist Herabdrückung der Verbrennungstemperatur;

b) ist sie eine unvollkommene, bei nicht ausreichender Luftzufuhr, so entstehen zwar hohe Temperaturgrade, aber in Folge unvollkommener Verbrennung der Brennstoffe auch bis zu $\frac{1}{3}$ steigende Wärmeverluste.

Bei Construction der Verbrennungsapparate ist also die Aufgabe zu lösen, durch passende Luftzufuhr die Verbrennung zu einer möglichst vollkommenen zu machen und

dabei Temperaturgrade zu erzeugen, wie sie für einen bestimmten Zweck verlangt werden. Wie sie für einen bestimmten Zweck verlangt werden, deshalb, weil manche Industrien große Wärmemengen und verhältnißmäßig niedrige Temperaturen, andere dagegen weniger große Wärmemengen, dagegen intensive, hohe Hitzegrade verlangen.

Am vollkommensten gelingt es, die Schwierigkeiten dieser Doppelforderung, wovon die eine die andere bis zu gewissem Grade ausschließt, zu überwinden durch die Gasfeuerung. Bei dieser erzeugt man durch eine unvollkommene Verbrennung eines Brennstoffes zunächst und abgesondert brennbare Gase (Kohlenoxyd), und erst diese werden mit einem leichter zu bemessenden, auch vorzuwärmenden Luftquantum vermischt an der Brennstätte zur Verbrennung gebracht. Das Vorwärmen der zur Verbrennung nothwendigen Luft ist deswegen von hoher Bedeutung, weil kalte Luft sich erst auf die Entzündungstemperatur des Brennstoffes zu erwärmen hat, ehe sie diesen verbrennen kann, weil sie während dieser Erwärmung sich in dem Verbrennungsraume ausdehnt, fortbewegt, so daß nicht allein eine ziemliche Zeit zur Verbrennung nöthig ist, sondern auch die Wärme über einen größeren Raum vertheilt und aus der Nutzzone des Verbrennungsraumes fortgeführt wird.

Die Wichtigkeit solcher Vorwärmung der Speiseluft zur Erzeugung hoher Temperaturen erkannte bereits Leuchs 1822, sie hat im Hüttenwesen seit dieser Zeit die ausgedehnteste Anwendung gefunden.

Der Gedanke, statt fester Brennstoffe gasförmige anzuwenden, rührt von Aubertôt 1812 und Lampadius 1830 her und wurde zuerst von Favre du Faur für die Industrie nutzbar gemacht. Seine Ausführung ist von

eminenter Bedeutung geworden, denn die Gasfeuerung macht auch die Ausnützung fester Brennstoffe geringerer Qualität (bröckliger Torf, Braunkohle, Steinkohlengrus), die für sich die nothwendige Hitze nicht entwickeln oder verunreinigende Stoffe in das Brennobject überführen, noch für technische Zwecke möglich. Denn brennbare Gase können ebenso aus schlechten wie aus guten Brennstoffen erzeugt werden; sie liefern ein von schädlichen Stoffen freies Feuer, hohe Temperaturen und, was die Hauptsache ist, ihre Verbrennung läßt sich sehr leicht reguliren, so daß man es in der Hand hat, nach Bedürfniß alle möglichen Hitzegrade mit Leichtigkeit hervorzubringen. Allerdings darf dabei nicht vergessen werden, daß von der aus dem Brennstoff überhaupt erzeugbaren Wärmemenge durch diese Vergasung ein Theil verloren geht, der eben für den Proceß nothwendig, daß also die aus dem festen Brennstoff überhaupt erzeugbare Wärmemenge größer ist als diejenige, welche durch das daraus hervorgegangene Gas hervorgebracht werden kann.

Hat die Pyrotechnik von der Gasfeuerung für die verschiedensten Industrien Gebrauch gemacht, so lag es auch nahe, dieselbe für den Kalkbrand in geeigneter Weise auszunützen. In der That ist dieser Weg bereits seit Anfang der Sechziger-Jahre betreten worden und hat sich zuerst der Ingenieur Ferd. Steinmann in Dresden bemüht, rationelle Kalköfen für Gasfeuerung zu construiren und in die Praxis einzuführen. Seinen Bemühungen ist es namentlich zu danken, daß gegenwärtig in einer Anzahl Fabriken, namentlich Zuckerfabriken, der Gaskalkofen in Thätigkeit sich befindet.

In den Zuckerfabriken wird gebrannter Kalk zur Läuterung des Zuckersaftes, die beim Brennen des Kalkes erzeugte Kohlensäure dagegen zum Entkalken des Saftes

benützt. Die zur Herstellung größerer Mengen Kohlensäure benützten älteren Kalköfen litten an dem Uebelstande, daß zur Verbrennung des Brennmateriales eine weit größere Menge von atmosphärischer Luft erforderlich ist, als die theoretisch berechnete Menge beträgt. Die Folge davon ist, daß die aus den Oefen entweichende Kohlensäure mit erheblichen Mengen Luft verdünnt ist und deren Sauerstoff einen Verlust an krystallirbarem Zucker im Safte erzeugt. Bei Anwendung der Gasfeuerung läßt sich dieser Uebelstand beseitigen, denn diese gestattet, mit dem denkbar kleinsten Luftüberschuß zu arbeiten und den Brennstoff der Gase in Kohlensäure überzuführen.

In einer bereits 1868 von Steinmann herausgegebenen Arbeit *) wurde darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Kalkbrennerei, deren Rohmaterial einen sehr geringen Werth hat, es mehr als anderswo auf Ersparung von Brennstoff ankomme, und daß hier mehr als irgendwo die Qualität des Productes durch die Qualität des Brennstoffes beeinflußt werde.

Den Kalk mit geringer Kohle und Torf zu brennen, sei fast unmöglich wegen des massenhaften Verbrauches und der Gefahr für das Product, während Holz zu theuer ist. Dieser Umstand, verbunden mit der Thatsache, daß die Kalköfen mit directer Feuerung die Umgebung stark belästigen, führten auf die Anwendung der Gasfeuerung, deren Vorzüge in Kürze folgende sind:

1. Sie gestatten die Anwendung jeden Brennstoffes für die Kalkbrennerei (starkbackende Steinkohle ausgenommen);

2. die Rauchverzehrung ist vollständig;

*) Compendium für Gasfeuerung von Ferd. Steinmann, Freiberg, 1868. Dingler's Journ. 1871, S. 144 u. 200.

3. daher braucht man nur etwa 25 bis 40 Percent Brennstoff (auf 100 Aetzkalk), während gewöhnliche Oefen 60 bis 100 Percent bedürfen;

4. hört auch die Belästigung der Umgebung auf;

5. das Product ist rein, frei von Schlacke und Asche und hat größeren Werth;

6. der Betrieb ist einfacher;

7. Holz wird entbehrlich;

8. die maximale Leistung des Ofens läßt sich um 30 Percent verringern, was ein erheblicher Vortheil für den Brenner, welcher sich nach der schwankenden Nachfrage zu richten hat.

Die Versuche, welche Steinmann 1862 auf dem Dreikönigschacht bei Tharand anstellte, ergaben, daß das Gas nur seitliche Einleitung in den Ofen gestatte, was eine gewisse Weite des kreisrunden Schachtes voraussetzt; die später 1864/65 wiederholten Versuche in der Zuckerfabrik zu Gröbzig bei Cöthen führten zu besseren Resultaten. Diese ersten Versuche (1862) wurden auf Veranlassung von Hans Siemens angestellt, der sich die Aufgabe gestellt hatte, die Verbrennungsluft vor ihrer Mischung mit dem Gase durch die gebrannte Kalkmasse zu leiten und damit einen doppelten Zweck zu erfüllen: nämlich die dem Kalke innewohnende Temperatur auf die Luft zu übertragen und denselben zugleich auf diese Weise abzukühlen. *)

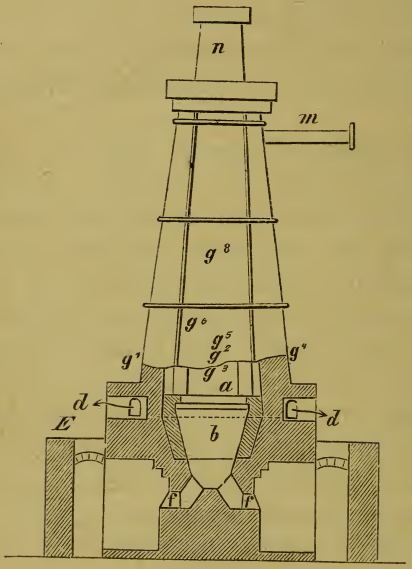
Gaskalkofen und Basteiofen von Steinmann.

Die Anwendung des Kalkes in der Zuckersiederei zur Sättigung des rohen Zuckersaftes und Reinigung desselben

*) Compendium für Gasfeuerung von Ferd. Steinmann, Freiberg 1868, S. 96. Dingler's Journ. 1871, S. 144, 200.

von organischen und anorganischen Körpern ist bekannt; die Schwierigkeit einen reinen Aetzkalk und zur Zersetzung des Zuckerkalkes eine reine Kohlensäure zu beschaffen, den Zuckersiedern ebenfalls. Bis in die Gegenwart benützte man hierzu die Coksöfen und zu deren Betriebe, beste englische Coks; die Gasfeuerung gestattet die Verwendung jedes anderen Brennmaterials.

Fig. 19.

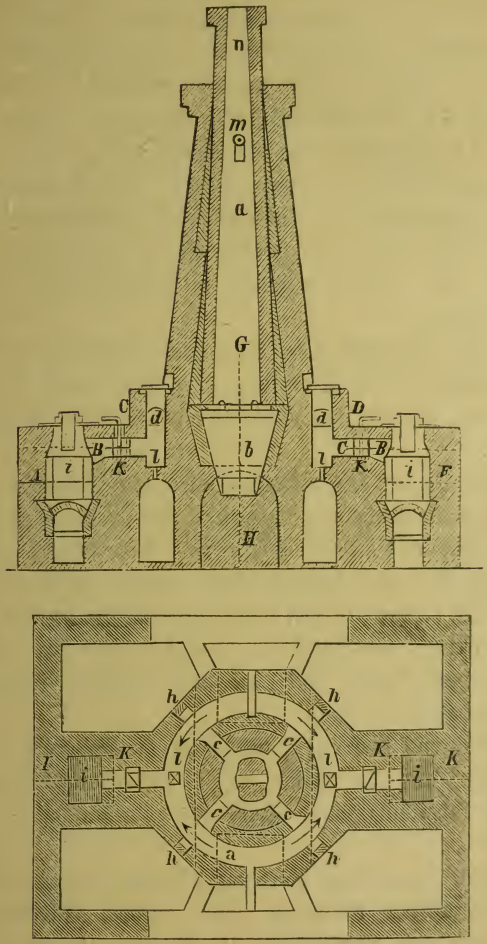



1864/65 errichtete Steinmann den ersten Gasofen für die Duxer Zuckerfabriks-Actiengesellschaft; seit dieser Zeit hat sich derselbe für die Zwecke der Zucker-Fabrikation und der Kalkbrennerei mehr und mehr eingebürgert und Anerkennung erworben. Als Feuerungsmaterial dienten Braunkohlen, Lignit, Torf, Holz. Der weiter beschriebene Ofen (Figur 19 und 20) erläutert das Princip und ist mit Braunkohle oder Lignit zu betreiben; er dient zum Kalkbrennen wie zur Production von Kohlensäure

a Gicht, deren Futter vom Mantel durch eine Isolir-

schicht aus Sand getrennt, b Rost (dieser enthält bereits

Fig. 20.




gebrannten Kalk), c c die Gasdüsen, die mit Ringcanal

d d communiciren. B Gaszuleitung, f f Fallthüren zum Ziehen des gebrannten Kalkes (sie sind mit 10 bis 13 Centimeter weiten Oeffnungen versehen, damit die Verbrennungsluft eindringen und sich, über den glühenden Kalk der Rast strömend, erhitzen auch durch beliebiges Oeffnen oder Schließen die Verbrennung nach Belieben geregelt werden kann). h h Putzlöcher für die Gasdüsen, $g_1$ bis $g_3$ Schaulöcher mit Büchsen, i i Generatoren, k k Gasabsperr- und Regulirungsklappen, l l Theersammler, m Kohlensäureleitung, die mit einer Pumpe verbunden ist, auch in einen Wasserwäscher oder Laveur mündet, n Windfang mit der Beschickungsthür.

Der neugebaute Ofen ist zunächst durch ein 72stündiges Schmauchfeuer bei Oeffnung der Generatorendeckel auszutrocknen; hierauf das Canalsystem von der Flugasche zu säubern.

Bei Beginn des Brandes wird nun Kalkstein in Kopfgröße mittelst Kübeln eingegeben und durch einen Arbeiter gleichmäßig und unter Freilassung der Abzüge vertheilt. Ist dies bis zur halben Gicht erfolgt, so sind die Fallthüren auf 13 bis 15 Cm. Weite zu schließen und es beginnt das Vorfeuer, ein Holzfeuer, das zwei bis drei Tage ununterbrochen dauert und die vier unteren Schaubüchsen dunkelrothglühend macht.

Während dieser Zeit füllt man die Generatoren derart, daß man auf die Roste zuerst eine Schicht Hobelspäne, darüber Scheitholz, dann Kohle bis zum Rande der Zargen eingiebt.

Jetzt wird das Vorfeuer gelöscht und der Brand in den Generatoren begonnen. Zur raschen Gasentwickelung öffnet man den Zargendeckel $^1/_2$ Stunde, setzt ihn dann auf und öffnet die Absperrklappen wenig, um die Gase allmälig

zu entzünden. Die Zargen der Schüttverschlüsse sind stets voll Wasser zu halten, die der Reinigungsverschlüsse voll Sand.

Nach zwei Stunden seit Zulassung des Gases zur Gicht beginnt zu beiden Seiten des Ofens rasch und gleichmäßig das Kalkziehen und wird nun in Pausen von wenigstens $1\frac{1}{2}$ und nicht über drei Stunden regelmäßig wiederholt, auch an der Gicht Kalkstein nachgefüllt. Für die Bedienung der Generatoren empfiehlt der Verfasser: Anwendung lufttrockener Kohle, je 4 bis 6 Körbe (à 40 bis 50 Zollpfund) für beide Generatoren. Beim Aufschütten wird zunächst die betreffende Klappe geschlossen, um die Bildung von Knallgas zu vermeiden. Das Füllen muß rasch geschehen, auch die Zarge sogleich nach Eingabe eines Kübels wieder mit einem Deckel verschlossen werden; ist dies geschehen, so wird sogleich die Klappe wieder geöffnet.

Die Roste sind vor dem Füllen zu schüren; der Schürer öffnet dazu zwei kleine Kapseln der Generatorplatten nacheinander und stößt die Schlacken vorsichtig ab, geht dann in die Grube und reißt die Schlackentrümmer heraus. Ein zum Brennen taugliches Gas zeigt eine strohgelbe bis olivengrüne Färbung, unreife, nicht brennbare Gase sind rauchschwarz bis weißlich und entstehen bei starker Verschlackung des Generators. Der normale Gang des Generators läßt sich stets daran erkennen, daß sämmtliche Deckel, Platten und Klappen sich nur handwarm anfühlen und nicht heißer werden. Das Gasschüren ist in acht bis zwölf Tagen zu erlernen; der Schürer darf nie das Gesicht über die Schüttöffnung halten. Die Generatoren werden alle drei bis sechs Stunden gefüllt.

Die Verbrennungsluft wird durch die Löcher der Fallthüren zugeführt; die zum Kalkbrennen nothwendige Hellrothgluth läßt sich leicht erzielen und einhalten.

Das Reinigen der Canäle ꝛc. wird circa alle zwei Monate nothwendig. Hierzu läßt man die Generatoren bis zur Glühschichte herunter brennen zur Entzündung des Theers, öffnet dabei die Putzlöcher h h, reißt den Schwund aus den Düsen, bringt darauf Alles in frühere Ordnung und füllt auf gewöhnliche Weise. Soll eine Reparatur stattfinden, so wird an der Seite der Schieber in dem Ringcanal eingesetzt. Soll der Betrieb auf vier bis sechs Tage stillstehen, so füllt man die Generatoren, schließt alle Klappen, verschmiert die Luftlöcher und bedeckt den Windfang. Bei Beginn ist wieder Alles zu öffnen. Die bei diesem Ofen gewonnene Kohlensäuremenge beträgt durchschnittlich 19 Percent. Der Gichtdurchmesser darf nicht über 1·5 Meter hinausgehen.

Soll der Generator mit Steinkohle oder Torf beschickt werden, so muß man ihm einen Treppenrost geben.

Der Preis der Gaskalköfen ist nicht höher als der der Oefen mit directer Feuerung (Rüdersdorfer, System Rumford, Perrier-Possoz).

Nach O. Cech in Prag *) arbeitet der beschriebene Ofen in den Kalksteinbrüchen um Prag und Beraun, sowie u. A. in der Zuckerfabrik Zdic zur großen Zufriedenheit.

Die Kosten eines Ofens zur täglichen Erzeugung von 80 Centner Kalk betrugen daselbst:

| | Gulden ö. W. |
|---|---|
| für Grundaushebung . . . . | 20 |
| 40.000 rothe Ziegel . . . . | 800 |
| 3000 Chamotteziegel . . . . | 240 |
| Transport . | 1060 |

*) Dingler's Journ. 1870, S. 198, 501. Der Maschinenbauer. 1871, S. 3, 39.

| | |
|---|---|
| Transport | 1060 |
| Kalkmörtel | 120 |
| Chamottemörtel | 120 |
| Armatur | 800 |
| Arbeitslohn | 400 |
| | 2500 |

Das Patent-Honorar beträgt je nach der Größe 200 bis 300 Gulden. Der Ofen war bereits 1870 in circa 20 Zuckerfabriken Oesterreichs und circa 20 Fabriken Ostböhmens eingeführt, welche durchschnittlich 100 Pfund gut gebrannten Kalk mit 40 Pfund Brennstoff erzielen.

Während der Centner Kalk im Coksofen für 50 Kreuzer Brennkohlen verlangte, reducirten sich die Kosten bei Steinmann's Ofen auf 20 bis 24 Kreuzer.

### Basteiofen.

Steinmann hat den eben beschriebenen Gaskalkofen *) neuerdings mehr und mehr vervollkommnet. Er nennt denselben zum Unterschiede von dem Ringofen Basteiofen (Figur 21) und beschreibt ihn folgendermaßen: **)

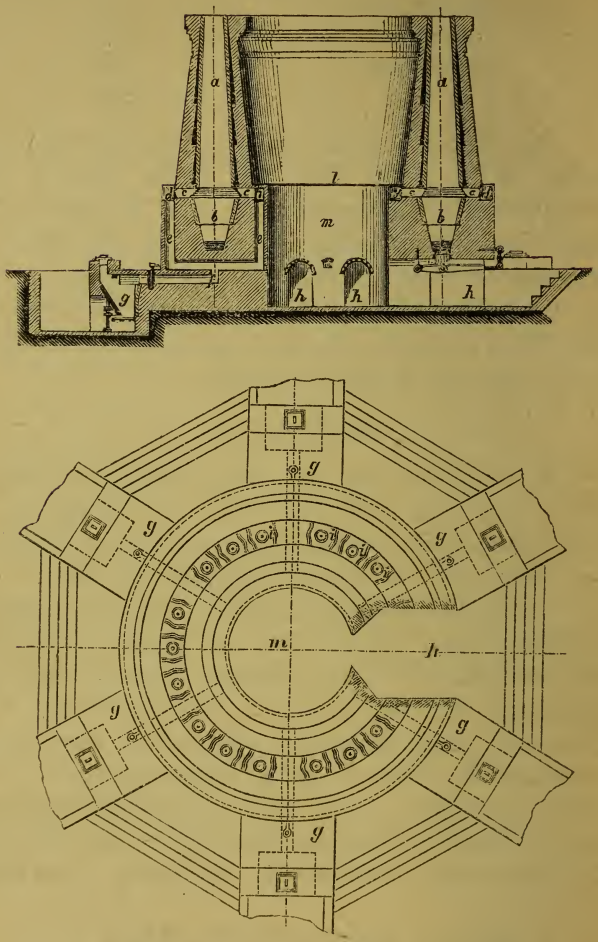
a a ist der ringförmige Schacht, in welchem der Brand des Rohproductes sich vollzieht, b b die sich anschließende Rast, in welcher das fertig gebrannte Material liegt, g die Gaserzeuger oder Generatoren, f die Gasableitung, e die Zweigcanäle, d die Ringcanäle, aus denen in entsprechender Vertheilung der Düsen c auf der ganzen Peripherie in den Schacht einmünden. i sind die mit einem scharfgebrannten Chamotte-Conus verschließbaren Abzüge für das Brenngut. Den Conus dirigirt man mittelst eines Hebels in der Weise,

*) Jahrbuch. d. Baugew. Jahrg. 1871, S. 238.

**) Dingler's Journ. 1876. Bd. 220, S. 151.

daß man je nach dem größeren oder geringern Bedarf an

Fig. 21.




Brennungsluft, welche eben ihren Weg durch i zu nehmen

hat, denselben mehr oder weniger scharf anpreßt. Um einer vorzeitigen Abnützung der Passagen i vorzubeugen, sind diese, wie Figur 21 zeigt, mit starken gußeisernen Trichtern ausgefüttert. Die Verbrennungsluft nimmt Wärme aus dem in der Rast b stehenden Brenngute auf und vereinigt sich stürmisch mit dem den Düsen entströmenden Gase zur Flamme. Sie erfüllt also gleichzeitig zwei Zwecke; sie heizt sich selbst vor und entzieht damit dem Brenngute die hohe Temperatur, so daß dieses ohneweiters verladungsfähig ist.

Unter den sechs Einfahrten h gelangt man nach dem innern Raume m, welcher als Stapelplatz für das Rohproduct dienen kann, von wo aus letzteres durch geeignete, von dem Podium l aus betriebene Hebevorrichtungen bequem und schnell nach der Gicht befördert werden kann. Die Passagen der Trichter i sind übrigens durch sattelförmige Scheiden voneinander getrennt, so daß damit ein constantes Rollen des Brenngutes nach links und rechts ermöglicht wird.

Der abgebildete Ofen ist leicht auf eine Production von 1500 Centner Aetzkalk pro 24 Stunden zu bringen. Da, wo es etwa die Oertlichkeit erheischt, ist natürlich die kreisrunde Form des Ofens unbedenklich durch eine elliptische zu ersetzen.

Zur Inbetriebsetzung eines derartigen Basteiofens sei Nachstehendes bemerkt:

Bevor der Schacht mit Kalkstein gefüllt wird, muß man alle Theile des Ofens, also Generatoren, Canalsystem und Schacht, mehrere Tage hindurch mittelst gelinder Schmauchfeuer behufs Austrocknung ausheizen. Es ist dies bei Gasfeuerungs-Anlagen um so nothwendiger, weil andernfalls die Entzündung des Gasstromes nicht allein schwierig, sondern unter Umständen sogar unmöglich wird.

Hat man die Ueberzeugung gewonnen, daß das

Mauerwerk auf ungefähr 300 Millimeter Tiefe trocken ist, so belegt man zuvörderst den Boden der Rast, d. h. die Sättel, kreuzweise mit einer Schicht trockenen Holzes, darauf schüttet man circa 300 bis 500 Millimeter hoch Kohle oder Torf, alsdann die erste Schicht Kalkstein in gleicher Höhe und fährt mit dem Wechsel von Kohle und Kalkstein in gleicher Weise fort, bis etwa 600 Millimeter über die Gasdüsen hinaus, von wo ab der Schacht bis zur Gichtmündung ausschließlich mit Stein gefüllt werden kann. Innerhalb dieser Zeit sind auch die Generatoren zu beschicken. Man breitet zu dem Ende erst eine Schicht Hobelspäne auf den Planrosten aus, legt darauf eine Lage gespaltenen Scheitholzes und beschüttet dieselbe bis zum Rande der Zargen mit dem zu verwendenden Brennmaterial. Bevor man das Feuer in den Generatoren in Gang bringt, muß die Gluth in dem Schachte bereits die unteren Schaubüchsen erreicht haben, denn nur dann wird die Entzündung des Gases eine zweifellose und constante sein. Das erste Kalkziehen hat spätestens drei Stunden nach Zutritt des Gases zur Gicht zu beginnen, und von da an, je nach dem Bedarf an Kalk, in Pausen von nicht unter ein und einhalb und nicht über drei Stunden möglichst rasch nach einem bestimmten Maße zu erfolgen; nach einem jeden Abzuge ist bei der Gicht sofort wieder an dem ganzen Umfange des Ofens Kalkstein nachzufüllen.

Gut wird es sein, bei gewöhnlichen Oefen mehrere aneinander zu stellen und sie mit einem gemeinschaftlichen überdachten Umbau zu versehen, welcher als Kohlenplatz und Lagerplatz für den gebrannten Kalk und als Aufenthalt für die Brenner dient, außerdem noch den Vortheil hat, daß die Feuerungen weniger von Windstößen beeinflußt werden.

### Gaskalkofen von Rehse.

Trotz der Thatsache, daß der im Gaskalkofen erzeugte Aetzkalk sich durch besonders gute Eigenschaften gegenüber dem in anderen Oefen erbrannten auszeichnet und die Gasöfen gegenüber den mit Rostfeuerung arbeitenden noch sonstige bedeutende Vorzüge besitzen, haben sie bis jetzt nur in der Rübenzucker-Industrie, nicht aber auf dem Gesammtgebiet der Kalkbrennerei sich Eingang zu verschaffen vermocht. Diese auffallende Thatsache hat ihren Grund zunächst in den complicirten und theuren Einrichtungen, die eine Gasfeuerung verlangt, dann aber in der Construction der Kalkschachtöfen im Allgemeinen, der Gasöfen im Besonderen. *)

Die schachtförmigen Brennöfen mit seitlichen Feuerungen haben nämlich den Uebelstand, daß die aus den Feuercanälen eben in den Ofen tretende Flamme das Bestreben zeigt, nach oben zu schlagen, in verticaler Richtung abzubiegen, sich also mehr an den Wänden des Ofens hält. Die Folge davon ist, daß in der Mitte des Ofens eine geringere Temperatur entsteht als an den Punkten, wohin die Flamme nicht oder weniger reicht.

Dieses Umstandes wegen muß die Größe des Horizontal-Querschnittes der mit seitlicher Feuerung arbeitenden Schachtöfen in der Gegend der Feuerungen innerhalb gewisser Grenzen und so liegen, daß die eintretende Flamme die Mittelpartien noch wirkungsvoll trifft, will man sicher vor nicht gar gebrannten Kalk sein.

Dieser Uebelstand tritt besonders bei dem Gasofen hervor, und Steinmann sah sich veranlaßt, seinen Oefen in der Höhe der Feuerungen nur eine Maximalweite von

*) Zeitschr. f. d. ges. Thonwaaren-Ind. 1878, S. 468 u. 489.

1·57 Meter zu geben, während man bei Oefen mit directer Feuerung bis zu 2·8 Meter gehen kann. Durch den geringen Querschnitt wird nun aber die Leistungsfähigkeit der Oefen herabgedrückt, die bei gleichen Baukosten sonst erheblich größer sein würde. Die Versuche, diesem Uebelstande abzuhelfen, sind nach drei Richtungen erfolgt:

1. Man versuchte der Flamme durch Pressung mit Hilfe eines Gebläses eine bis nach der Mitte reichende Ausdehnung zu geben;

2. man ging von der Kreisform des Schachtes ab zu der ovalen;

3. man versuchte, die Flamme im Centrum des Schachtes von unten her eintreten zu lassen.

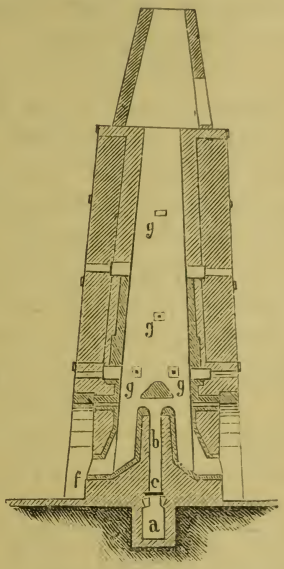
Die Pressung der Flamme mittelst des Gebläses erfüllt zwar den Zweck, erzeugt aber den schwerer wiegenden Nachtheil, daß in Folge großer Hitze des eingepreßten Flammenstrahles der stets mehr oder weniger mit Kieselsäure und Thonerde verunreinigte Kalk in Folge Silicatbildung todtgebrannt wird, daher als Aetzkalk unbrauchbar ist.

Der vorgeschlagene länglich runde Querschnitt des Schachtes, derart, daß der größte Abstand der parallelen Seiten 1·57 Meter nicht übersteigt, bringt constructive Schwierigkeiten mit sich, welche seiner Ausführung entgegenstehen. Der dritte Weg, centrale Einführung des Gases, wurde bereits 1861 von Siemens in Vorschlag gebracht. *) Von Steinmann zu seiner Realisirung angestellte Versuche zeigten indeß, daß der zur centralen Einführung des Gases hergestellte eiserne Schlot, trotz aller erdenkbaren Vorsichts- und Sicherheitsmaßregeln, nicht zum

*) Zeitschr. f. d. ges. Thonwaaren-Ind. 1878, S. 426.

Ziele führte, weil alle noch so soliden Ueberdachungen desselben, nach einigen Wochen durch die von Zeit zu Zeit herabstürzenden Kalkmassen zertrümmert, verstopft und damit unbrauchbar gemacht wurden. Steinmann ließ daher den Vorschlag fallen und schritt zur seitlichen Einführung des Gases.

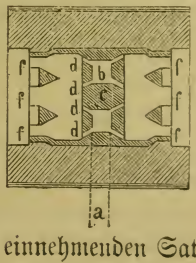
Fig. 22.




Neuestens ist nun genannter Weg abermals betreten worden von C. Nehse in Dresden und von Jean Adrien Verkonteren in Amsterdam.

Bei dem Gaskalkofen von C. Nehse ist die Form des Schachtes viereckig, doch läßt sich derselbe auch oval oder mit gebrochenen Ecken ausführen. (Fig. 22.)

Die Zuführung des Gases von den Generatoren zum Ofen geschieht durch den Canal a, es können demnach die ersteren beliebig weit vom Ofen entfernt angelegt werden, so daß die Zugänglichkeit zu diesem in keiner Weise behindert wird. *) Vom Gascanal a zweigen sich die verticalen Canäle b b ab, welche in einem die Mitte des Ofens einnehmenden Sattel c




*) Zeitschr. f. d. ges. Thonwaaren-Ind. 1878, S. 469, 489.

aufsteigen, aus welchem das Gas durch die Oeffnungen d d in den Ofen einströmt. Zum Reguliren des Gases dienen die in b b befindlichen Schieber e e, während die Menge der einzulassenden Verbrennungsluft, die bei wie früher beschriebenen Kalköfen durch die Abzugsöffnungen f f eintritt, hier regulirt wird.

In der Höhe der Oeffnungen d d findet durch die Berührung des Gases mit der von unten aufsteigenden Luft, die sich an dem gebrannten Kalk erhitzt, die Verbrennung statt; in der hier begrenzten Verbrennungszone vollzieht sich eine sehr gleichmäßige Vertheilung der Flamme, so daß auch der hier passirende Kalk gleichmäßig gar gebrannt wird. Das zu schwache oder zu starke Brennen des Kalkes kann leicht dadurch vermieden werden, daß man die Flamme verstärkt oder verringert, oder das Abziehen des gebrannten Kalkes dem Gange des Ofens genau anpaßt.

Die in den Mauern des Schachtes angebrachten Oeffnungen g g haben den Zweck, etwa sich festklemmende Kalksteine abstoßen zu können, übrigens kann diese Eventualität am besten dadurch verhütet werden, daß man den oberen Schacht stark conisch ausführt, zumal auch bei dieser Form der kubische Inhalt desselben immer noch groß genug bleibt, um einen möglichst langen Aufenthalt des Kalkes in der Glühhitze zu bewirken, bekanntlich das beste Mittel, um ein gutes Product zu erzielen.

Der Sattel c hat neben der hohen Temperatur auch einer starken Abnutzung durch den an demselben heruntergleitenden Kalkstein zu widerstehen, zu welchem Zweck derselbe stark construirt werden muß und mit einer besonderen Einrichtung versehen ist, deren Details in den Abbildungen nicht dargestellt werden konnten.

Der Schacht des beschriebenen Ofens hat vom Sattel

bis zur Gicht eine Höhe von 10 Meter, einen Durchmesser in der Ebene des Sattels von 3·90 × 3·20 Meter und an der Gicht 2·26 × 2·00 Meter; er faßt etwa 150 Kubikmeter Kalkstein, welches Quantum leicht auf 200 bis 250 Kubikmeter vergrößert werden kann, ohne daß die Gleichmäßigkeit des Brandes eine Beeinträchtigung erfährt und die Anlage- und Betriebskosten sich im Verhältniß zu der größeren Leistungsfähigkeit steigern.

Von einem anderen Gesichtspunkte ist Jean Adrien Verkonteren in Amsterdam ausgegangen, der mittelst einer von ihm ersonnenen und ihm patentirten Vorrichtung (D. R.-Patent Nr. 1000) die Flamme nach der Mitte des Ofens zu saugen sucht. Es besteht diese Vorrichtung in einem gußeisernen Rohr, das der Länge nach mit sectorförmigen Vorsprüngen versehen und inmitten des Ofenschachtes vertical so aufgehängt ist, daß es auf etwa Zweidrittel der Höhe des Schachtes in diesen hinabreicht. In den Vorsprüngen des Rohres sind zahlreiche, angemessen vertheilte Oeffnungen angebracht, welche den Gasen freien Durchgang in das Zugrohr und von dort in dessen schornsteinähnlichen Aufsatz gestatten und zugleich die Hitze nach der Mitte des Ofens leiten. Das im Schachte herabhängende Zugrohr verengt sich nach unten, damit es von den herabgleitenden Kalkmassen nicht mitgerissen wird, und ist an der mit eisernen Platten verschlossenen Gicht zweckentsprechend befestigt. In dem aus Blech construirten Schornstein ist eine Drosselklappe angebracht, mittelst welcher der Zug regulirt wird.

An Einfachheit läßt diese Vorrichtung augenscheinlich nichts zu wünschen übrig, ein Anderes ist es, ob sie praktisch durchführbar ist, und ob endlich nicht dadurch, daß die heißen Gase nicht mehr allein inmitten der Kalksäule,

sondern vorzugsweise durch das Zugrohr aufsteigen, ein so großer Wärmeverlust entsteht, daß in Folge dessen die Vortheile der ermöglichten Querschnitt-Vergrößerung aufgehoben werden. Beides bleibt abzuwarten.

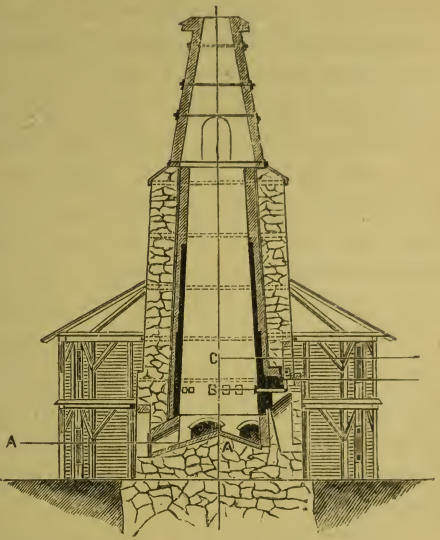
### Gaskalkofen von Fahnejelm und in Rüdersdorf.

Auch andere continuirliche Kalköfen mit directer Feuerung hat man neuerlich für Gasfeuerung einzurichten gesucht. So hat vor einigen Jahren O. Fahnejelm in Stockholm den Rüdersdorfer Kalkofen für dieselbe eingerichtet und soll dessen Ofen in Schweden mehrfach in Anwendung stehen. Den Fahnejelm'schen Ofen verdeutlicht Figur 23. Größere Oefen erhalten kreisrunde, kleinere dagegen rectanguläre Form mit schwachgewölbten Seiten. Die gewöhnlichen Feuerherde sind durch eine Art Generatoren ersetzt, aus denen die erzeugten Gase durch je zwei Canäle in den Ofen geleitet werden, um mit der von unten zutretenden Luft sich zu vermischen und zu verbrennen. Die Luft passirt zunächst die gebrannte Steinmasse und wärmt sich an derselben vor; ihr Zutritt wird durch Schraubventile so regulirt, daß eine oxydirende oder reducirende Flamme entsteht. Die größeren Oefen haben vier bis sechs Feuerplätze mit acht, respective zwölf Feuercanälen, wodurch gleichmäßige Vertheilung der Flamme ermöglicht und todte Ecken verhindert werden sollen. Die Oefen erhalten zum Schutze gegen Windwirkungen einen 6·3 bis 9·5 Meter hohen Schornstein. Zur Ersparung der Kosten der theueren Chamottesteine stellt man den Schacht doppelt her und nur den innern Theil von Chamotte, den obern von gut gebrannten Mauersteinen.

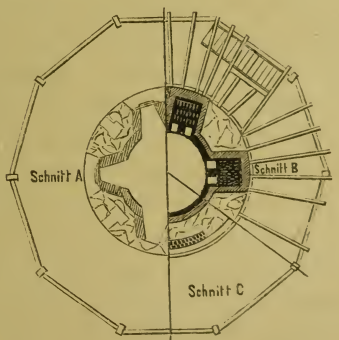
Bei dem größten Fahnejelm'schen Ofen stellte sich die

Production in 24 Stunden auf 15 bis 20 Kubikmeter; der Bedarf an Brennstoff für je 10 Kubikmeter gebrannten Kalk betrug 9·37 Kubikmeter lose aufgestapeltes Holz. Ein ganz neuer Rüdersdorfer Ofen für Gasfeuerung kostete 10.500 R. M.*)

Fig. 23.




Auch in Rüdersdorf wurde durch Berg-Inspector Gerhardt 1875 ein neuer Kalkbrenn-Ofen mit Gasfeuerung construirt, welchen Hausding beschreibt,**) aus welcher Beschreibung deutlicher als aus dem Berichte über den Fahnejelm'schen Ofen die Construction hervorgeht. Nach Hausding werden bei diesem Ofen die




*) Baugewksztg. 1876, S. 571.

**) Thonindztg. 1877, Nr. 31.

Gase in fünf Generatoren, welche an Stelle der Roste des Rumford'schen Ofens liegen, erzeugt. Die zur Gaserzeugung verwendeten Kohlen bestehen aus einer Gattirung von oberschlesischer Förderkohle, böhmischen Mittelkohlen und erdigen (märkischen) Braunkohlen und werden durch einen gemauerten, mit luftdicht schließendem Deckel versehenen Hals auf eine 45 Grad geneigte Kohlenrutsche und anschließenden Treppenrost von gleicher Neigung geschüttet. Die Generatoren werden mit Schlackenrost betrieben, d. h. es wird als Unterlage der auf den Treppen verbrennenden Kohlen eine Schlackenschicht erhalten, welche man nur in dem Grade lüftet und entfernt, daß stets eine regelmäßige Verbrennung mit Hilfe der dadurch vorgewärmten und feinvertheilten Luft erfolgt. Die Vorwärmung der Vergasungsluft wird ferner dadurch bewirkt, daß der Aschenfall mittelst Thür verschlossen ist und vor dem Treppenrost eine doppelte Blech-Vorsatzthür mit Oeffnungen für die durchströmende Luft gestellt wird.

Jeder Generator ist von dem Innern des Schachtofens durch eine Feuerbrücke getrennt, welche der zerstörenden Einwirkung der Hitze von drei Seiten ausgesetzt ist und deshalb durch einen kalten Luftstrom gekühlt wird. Zu diesem Zwecke führen durch die beiden Seitenwände des Generators fünf und sechs Reihen Hohlziegel bis zu der in der Feuerbrücke liegenden eisernen Rinne, mittelst deren die kalte Luft aus der unteren Etage nach einem auf dem Generator stehenden Rohre angesaugt wird.

Die Rostfläche des Treppenrostes enthält nahezu 62 Percent lichte Einströmungsöffnung, welche letztere sich zum größten Schachthorizontalschnitt wie 0·35 : 1 verhält und pro Quadratmeter und Stunde 91 Kilo Kleinkohle verzehrt.

Die erzeugten Gase strömen aus jedem Generator durch einen Gascanal, der hier zugleich die Düse bildet, in den Kalkbrennofen. Der Düsenquerschnitt beträgt nahezu $^2/_5$ von der lichten Lufteinströmungsöffnung des Rostes oder 0·139 vom größten Schachthorizontalschnitt. Es verbrennen deshalb pro Quadratmeter Düse und Stunde etwa 230 Kilo Kohlen. Die Regulirung der Gaseinströmung erfolgt theils durch Schließen der Aschenfallthüren, theils durch einen feuerfesten geraden Stein, welcher in die Düse hineingeschoben wird, deren Querschnitt sich nach dem Schachte verengt. Soll die Gaseinströmung ganz abgeschlossen werden, so öffnet man die Kalkabzugsöffnungen, wodurch der Ofenzug in den Generatoren aufgehoben wird, die Gase dringen dann durch die Roste zurück.

Die Zuführung der Verbrennungsluft erfolgt mittelst eines gußeisernen Luftvertheilungsapparates in der Mitte des Kalkofens, in welchem durch ein unter der Ofensohle gelegenes Ventilationsrohr aus Eisenblech die Luft von außerhalb des Gebäudes hineingeleitet wird. Der Luftvertheilungsapparat dient zugleich zur Erhitzung der Luft und besteht in einem aus der Mitte der Ofensohle vertical aufsteigenden gußeisernen Rohre, welches mittelst eines gußeisernen kegelförmigen Schirmes so bedeckt wird, daß unter dem letzteren in einem ringförmigen Querschnitt die Luft nach unten ausströmt. Im Innern des Rohres ist ein Blechcylinder mit kegelförmigen Enden befestigt, um die Luft an die durch Berührung mit dem gar gebrannten, hellrothglühenden Kalk erhitzten Rohrwände zu drängen. Die Querschnitte der Luftwege sind so construirt, daß die Luft von 0 bis 300 Grad C. erhitzt werden kann, ohne von dem kalten Ventilationsrohre bis an die hellrothglühenden Schirmwände Spannungsverluste zu erleiden. Die

Regulirung der Verbrennungsluft erfolgt mittelst einer Drosselklappe, welche in das Ventilationsrohr eingeschaltet, und über welcher eine Explosionsklappe an dem Luftvertheilungsapparat angebracht ist.

Der Schacht des Ofens ist so construirt, daß der aus einer Düse dringende Gasstrom, seinem natürlichen Zuge nach oben entgegen, möglichst nach der Schachtmitte und nach den Seiten getrieben wird, um in einem Horizontalschnitt des Schachtes möglichst gleichmäßige Hitze zu erzeugen. Zu diesem Zwecke ist der Schacht in der Höhe der Düsen von 2·80 Meter auf 2·60 Meter Durchmesser treppenartig zusammengezogen. Die Düsen sind im Gewölbe herabgezogen und in der Sohle auf 25 Centimeter Tiefe ausgekehlt, so daß eine Nase entsteht, welche die expandirenden Gase nach unten und nach beiden Seiten der Düse in den ausgekehlten, ringförmigen Schachtraum unter den Treppenabsatz drückt.

Der Fassungsraum des Schachtes beträgt über den Düsen 32·81 Kubikmeter, unter den Düsen 11·47 Kubikmeter. —

Durch die angegebenen Einrichtungen werden Gas- und Luftstrom auf ihrem Wege durch den glühenden Kalk so vorgewärmt, daß sie beim Zusammentreffen in der Schachtmitte mit dem höchsten pyrometrischen Wärmeeffecte verbrennen. Die Temperatur vermindert sich nach den Schachtwänden hin, was durch die Schaulöcher leicht beobachtet werden konnte, und die Verbrennungsproducte bilden sowohl vor als nach dem Ziehen des Kalkes weiße Dämpfe.

Der Gasofen gestattete eine um die Hälfte längere Campagne als die Rumford'schen Oefen und war zuletzt ausschließlich mit einer auf den Heizeffect der böhmischen Braunkohlen mit 3400 bis 3600 Calorien oder 5·3- bis

5·6facher Verdampfung wirkliche Nutzleistung berechneten Gattirung von: 40 Maß oberschlesischer Backkohle und 60 Maß märkischer, erdiger Braunkohle im Betriebe, und zwar bei einer Kohlenersparniß gegen die mit böhmischer Braunkohle betriebenen Rumfordschen Oefen von 10 bis 12 Pf. pro 100 Kilo Stückkalk. Die Production des Gasofens von 10.600 Kilo pro Tag ist nach dem Verhältniß des kleineren Schachtraumes von 32·18 Kubikmeter gleich groß wie bei den anderen Oefen. Die Gleichmäßigkeit des Brandes ließ ebenfalls nicht viel zu wünschen übrig.

Der gare Kalk wird nach je 6 bis 8 Stunden in einer nach der Gluth in den Schaulöchern erfahrungsmäßig zu bemessenden Menge gezogen. Die Sicherheit, den besten, eben garen Kalk darzustellen, ist auch bei Gasheizung nach einiger Uebung der Arbeiter unschwer zu erreichen. —

Zum Schlusse unserer Mittheilungen über Gaskalköfen machen wir noch auf den in Frankreich patentirten Ofen von Ponsard aufmerksam, bei welchen den Generatorgasen behufs ihrer Verbrennung stark erhitzte Luft zugeführt wird, und zwar die Erwärmung der letzteren mit der Abkühlung des erzeugten Kohlensäuregases vereinigt worden ist. Ponsard glaubt, in seinem Ofen mittelst 1 Kilo Kohlenstoff 11 Kilo kohlensauren Kalk zersetzen zu können, und fand in den aus dem Ofen abziehenden Gasen im Durchschnitt nur 2 Percent Sauerstoff. Den Kohlensäuregehalt derselben schätzt er auf 34 Percent, während die Oefen älterer Art nur ein Gas von 16 bis 24 Percent Kohlensäure lieferten.

### 7. Der Kalkofen von Swann.

Von den genannten Kalköfen abweichend ist der Kalkofen von J. R. Swann,*) den wir wegen seiner interessanten Construction hier noch anfügen. Dieser Ofen wird unter Anwendung eines circulirenden Rostes mit heißer Luft gespeist, derart, daß die heiße Luft aus dem unteren Theil einer Ofenabtheilung in den oberen der nächstfolgenden übergeht; sie verjagt zunächst die Feuchtigkeit und bewirkt darnach das Brennen des Kalksteines in kurzer Zeit und mit großer Ersparniß an Brennmaterial. Der Versuch hat ergeben, daß man mittelst auf 200 Grad erhitzter Luft einen Ofen von 46 Meter in 12 Stunden unter Verbrauch der Hälfte des gewöhnlich erforderlichen Brennstoffes anheizen kann, ohne daß das Material zerspringt. Durch Anwendung des Dampfes von Petroleum oder anderen ähnlichen Flüssigkeiten, welche man mit der heißen Luft zuführt, entwickelt man eine intensive Hitze, welche unter Ersparung von Brennstoff die Production erhöht. Der Brennstoff kommt auf einen Fülltrichter und wird aus diesem durch einen Kettenrost fortgeführt; während die Kette von vorn nach hinten läuft (siehe Fig. 24) wird der Brennstoff consumirt. Asche und Schlacken gelangen in einen auf Rädern beweglichen Aschenkasten. Von den beiden Cylindern, um welche der Kettenrost beweglich, rotirt der vordere, durch Maschinenkraft bewegt.

Als Brennmaterial dient Stückkohle oder geringere Kohle, die Bedienung der Feuerung ist eine sehr einfache, die Verbrennung eine vollkommene.

Der Swann'sche Ofen ist in Fig. 24 im Verticaldurchschnitt, in Fig. 25 a ein System von 14 Oefen im

*) Mechanics Magazine 1869, S. 331. Polytechn. Centralbl. 1870, S. 122.

verticalen, Fig. 25 b im horizontalen Querschnitt des Systems gezeichnet. Jeder Ofen hat einen Rost A, eine Feuerthür und eine Thür zur Beschickung und Entleerung des Ofens. Jeder Ofen steht mit dem folgenden durch einen Canal D in Verbindung, welcher in dem einen Ofen unter dem Gewölbe, in dem anderen an der Sohle einmündet. Ein zweiter, mit verschließbarem Register ver-

Fig. 24.

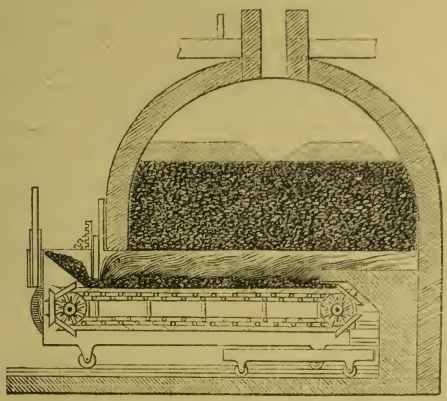


Fig. 25 a.

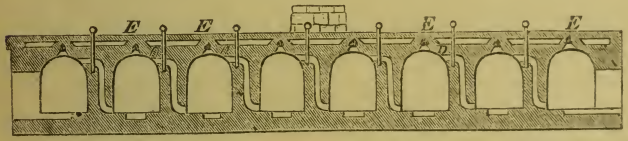
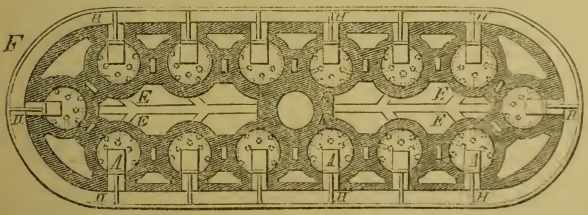



Fig. 25 b.




sehener Canal E führt von dem Gewölbe jedes Ofens nach

dem Schornsteine. Die Luft wird wie für die Hochöfen erhitzt und dem Ofensysteme durch ein Hauptrohr F zugeleitet, an welches die nach den einzelnen Ofenabtheilungen führenden Zweigrohre H sich anschließen. Ist ein Ofen mit Kalksteinen beschickt, so führt man durch Oeffnen des Canals H warme Luft in demselben ein, welche alle Feuchtigkeit durch den Canal E nach dem Schornsteine treibt. Ist der Ofeninhalt trocken, so zündet man das Brennmaterial auf den Rosten an, schließt den Canal E und öffnet den Canal D, so daß die durch diesen Canal abziehenden Feuergase die nächste Ofenabtheilung heizen. Man soll so einen guten, vollständig durchgebrannten Kalk erhalten und 20 Percent Brennmaterial weniger als bei dem gewöhnlichen Verfahren gebrauchen!

Der eben beschriebene Ofen dürfte kaum Aussicht auf Verbreitung haben, da, ganz abgesehen von seiner complicirten theuren Anlage, die Ueberwachung Schwierigkeiten machen wird und auch Betriebsstörungen kaum zu vermeiden sein dürften. Ueberdies wird das Product kaum zur Erhitzung der Luft nothwendige Anlagen ertragen, auch geht der Vortheil, daß der Wasserdampf den Fortgang der Kohlensäure unterstützt, bei diesem System verloren. Jedenfalls kann er mit der früher beschriebenen einfacheren Construction kaum in Concurrenz treten.

## 8. Resultate und Untersuchung der Vorgänge beim Kalkbrande.

Die Frage:

Welchem von den betrachteten Oefen gebührt der Vorzug?

läßt nur eine relative Beantwortung zu, und namentlich sind es drei Factoren, welche ihre Beantwortung in der

einen oder anderen Weise bedingen, Factoren, die in der Beantwortung folgender Fragen gegeben sind:

1. Was für ein Kalkstein soll zum Brennen kommen?

2. Was für Brennstoff steht zu Gebote und zu welchem Preise?

3. Ist die Nachfrage jahraus jahrein eine starke und welche Kalkqualität wird verlangt?

Je nachdem eine oder zwei oder alle drei Fragen in dem einen oder anderen Sinne beantwortet werden, wird auch die Antwort auf die Hauptfrage anders ausfallen. Ohne hier auf die eventuelle Beantwortung in dem einen oder anderen Sinne eingehen zu können, läßt sich jedoch Folgendes als feststehend annehmen:

1. Alle bewährten Kalköfen werden auch in Zukunft noch miteinander concurriren, weil ihnen allen mit Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse gewisse Vorzüge innewohnen.

2. Dort, wo der Kalkbedarf ein vorübergehender, wo der Brennstoff zudem billig ist, sind die compendiösen periodischen Kalköfen angezeigt.

3. Dort, wo es sich um Anwendung eines geringen Brennstoffes, wo es sich um möglichste Ersparung desselben handelt, zudem der Absatz einer mittleren Kalkqualität während des größten Theiles des Jahres ein geregelter ist, sind continuirliche Oefen mit kleiner Flamme am Orte.

4. Dort, wo es auf ausgedehnte fabrikatorische Gewinnung ankommt, wo die Nachfrage nach bester

Kalkqualität jahraus jahrein eine bedeutende (volk- und gewerbreiche Städte, Zuckerfabriken) und der Betrieb nicht eingestellt zu werden braucht, sind die continuirlichen Oefen mit großer Flamme und Gaskalköfen angezeigt.

4. Dort endlich, wo Nr. 4 zutrifft, die Kalkqualität zudem eine mittlere sein darf, dürfen die Ringöfen und diesen ähnliche, continuirlich arbeitende Constructionen mit Erfolg anzuwenden sein.

Diese bereits früher von mir ausgesprochenen*) Behauptungen werden auch im Ganzen noch zutreffend sein. Sie waren es entschieden für die Sechziger-Jahre, wie wir aus dem Berichte ersehen, welchen eine aus den Herren G. Wunder, Herbig und Coulitz bestehende Commission über den Kalkwerkbetrieb Sachsens 1867 veröffentlichte. Nach diesem Berichte standen im genannten Jahre im Königreich Sachsen 466 Kalköfen im Betrieb; der beiweitem größte Theil nur in den Sommermonaten und nur ein kleiner während 8—9 Monaten. Von diesen 466 Kalköfen waren 178 solche zu periodischem Betrieb, 265 meist trichterförmige Kessel- oder Schüttöfen zu continuirlichem Betrieb und 23 Rüdersdorfer oder Rumford'sche Oefen. Seit dieser Zeit dürfte eine Aenderung nur darin erfolgt sein, daß sich die Ringöfen und die Gaskalköfen wie anderwärts so auch hier ein größeres Terrain erobert haben.

Ueber die Erfolge des Betriebes einer bestimmten Kalkofen-Construction muß die Rechnung unzweideutigen Aufschluß geben. Jedoch wird dieselbe erst dann anzustellen sein, wenn nach mehreren Versuchsbränden der Betrieb sich

*) Jahrb. d. Baugew. 1871, S. 246.

zu einem normalen herausgebildet hat. Türrschmiedt*) hat mit Bezug auf den Ringofen bereits vor zehn Jahren die Punkte angedeutet, auf welche es bei einer solchen Calculation ankommen wird.

Er nimmt einen vielkammrigen neuen Ringofen mit zwei Feuern an und zieht das Resultat, nachdem 8 Kammern abgebrannt waren. Die Resultate werden sich natürlich bei den weiteren Bränden günstiger gestalten müssen.

| Datum | Kammer | Gut-gebrannt nach Tonn. | Würfelkalk und Asche nach Tonn. | Ungar nach Tonn. | Summa nach Tonn. |
|---|---|---|---|---|---|
| Oct. 8. | Nr. 7 | 139 | 31 | 5 | 175 |
| | „ 19 | 139 | 31 | 5 | 175 |
| „ 13. | „ 8 | 127 | 40 | 8 | 175 |
| | „ 20 | 120 | 40 | 15 | 175 |
| | „ 21 | 123 | 40 | 12 | 175 |
| „ 19. | „ 9 | 142 | 22 | 11 | 175 |
| | „ 22 | 158 | 12 | 6 | 176 |
| | „ 23 | 158 | 10 | 6 | 174 |
| In 8 Abtheilungen | | 1106 | 226 | 88 | 1400 |
| Im Durchschnitt | | $138^1/_4$ | $28^1/_4$ | $8^1/_2$ | 175 |
| Nach % | | 79 | $16^1/_7$ | $4^6/_7$ | |

Es ergaben demnach die acht ersten Brände an verkäuflicher Waare $95^1/_7$ Percent, von denen 79 Percent gut gebrannter Kalk und $16^1/_7$ Percent Würfelkalk und Asche waren.

Bei den Kammern 7 und 19 ist die Bemerkung beigefügt: lange gefüllt gestanden, daher viel zerfallener Kalk Bei Nr. 20: feuchte Stellen im Ofen, daher ungarer Kalk.

Nach der Bauzeichnung war der Kammerraum 1962 Kubikfuß. Darnach wurde zunächst angenommen, daß die Kammer mit 17 Klafter Kalk à 108 Kubikfuß befahren

*) Notizbl. 1869, S. 306.

war, so daß auf die Heizschächte und Canäle 126 Kubikfuß Raum kamen. Das Quantum Kalk bedurfte einer genaueren Bestimmung und solche erfolgt am Schlusse des Berichtes.

Aus der Kammer wurden gewonnen 1224 Kubikfuß, welche, im Waggon gemessen, 172 Tonnen entsprechen würden. Das Schwindemaß des Kalkes ist demnach ungefähr $^1/_3$ und eine Tonne Kalk würde pp. 11·41 Kubikfuß Brennraum erfordern.

Das Gewicht des rohen Kalksteines ergab per Sch.-R. 120 Centner, d. h. per Kubikfuß $83^1/_2$ Pfund.

Diese 120 Centner Kalk gaben nach dem Verladungsschein 54 Centner oder 96 Kubikfuß oder $13^1/_2$ Tonne gebrannten Kalkes.

Beim Bahntransport werden nämlich 4 Centner Kalk gleich 1 Tonne ohne Faß gerechnet. Nach dieser Annahme wöge somit der Kubikfuß gebrannten Kalkes $56^1/_4$ Pfund incl. hohler Räume.

Bei einem Vergleich in Bezug auf die Ergiebigkeit beim Löschen des Kalkes mit einem benachbarten Kalkwerk ergab die Tonne à 4 Centner 17—18 Kubikfuß gelöscht beim eigenen Kalk, während der benachbarte nur 13 bis 14 Kubikfuß auslöschte.

Beim ersten Abbrennen von 18 Kammern wurden 1236 Tonnen Kleinkohle und 107 Tonnen Stückkohle theilweise in sehr nassem Zustande verbrannt. Davon berechnete sich, daß auf die Kammer 60 Tonnen Kohlen à $3^2/_3$ Centner fielen. Das Mehr ist zum Ausschmauchen verbraucht.

Rechnet man aus jeder Kammer 172 Tonnen Kalk, die mit 60 Tonnen Kohlen durchschnittlich gebrannt worden sind, so ergab der erste Umbrand auf 1 Tonne Kalk rund $^1/_3$ Tonne Kohlen.

Aus den alten im Gange befindlichen Oefen liegt die Erfahrung vor, daß 30 Tonnen Kalk mit 12 Tonnen Kohlen gebrannt werden, d. h. die Tonne Kalk mit $^2/_3$ Tonne Kohlen.

Es ergab sich demnach als Resultat für den ersten Umbrand unter recht ungünstigen Umständen, daß 1 Centner Kalk

im alten Ofen . . . 0·367 Centner Kohlen
im Ringofen . . . 0·311 » »

gebrauchte.

Nach genauerer Ermittelung gehen in eine Kammer nur $15^1/_2$ Klafter Kalk.

Das Einsetzen und Ausziehen des Kalkes wurde im neuen Ofen gleich hoch, wie im alten, bezahlt, und stellte sich

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| für Einsetzen | 2 Mann | auf 6 Tge. | à 10 Sgr. | 4 Thlr. | — Sgr. |
| | 6 Weiber | » 2 » | à 6 » | 2 » | 12 » |
| » Brennerlohn | | | | — » | 24 » |
| » Ausziehen | à 4 M. | 2 Tge. | à 10 Sgr. | 2 » | 20 » |
| | | | | 9 Thlr. | 26 Sgr. |

Das Brennen des Kalkes ist die wichtigste, aber gleichzeitig auch schwierigste Operation der Kalkindustrie. Die Wichtigkeit bedarf keiner Discussion, denn die Rentabilität hängt zur Hauptsache von dem Ausfall und den Kosten des Brandes ab.

Sie ist die schwierigste, weil es noch an hinreichend genauer Kenntniß aller Vorgänge beim Brande, ganz besonders aber bei den verschiedenen neueren Kalköfen-Constructionen fehlt, die Kenntniß, so weit solche überhaupt vorhanden ist, sich auf eine Anzahl durch die Erfahrung gewonnener empirischer Regeln beschränkt, deren theoretische

Begründung noch fehlt, die auch nur für die Verhältnisse gelten, unter denen sie erhalten wurden.

Daher läßt sich zur Zeit ein für jeden Betrieb passendes Brennverfahren nicht aufstellen — es kann sich nur darum handeln, das günstigste Verfahren für ein Ofensystem durch Probiren ausfindig zu machen.

Dazu ist nothwendig:

1. Kenntniß des Rohstoffes nach seinem Gehalt an kohlensaurem Kalk und den Begleitern Magnesia-, Thonerde-, Kieselsäure- ꝛc. Verbindungen.

2. Kenntniß der Zusammensetzung des Brennstoffes.

3. Kenntniß aller Factoren, welche die eigenthümliche Construction des Brennapparates im den Brennproceß hemmenden oder fördernden Sinne mit sich bringt.

In erster Linie handelt es sich also um genaue Untersuchung des Kalksteines in Bezug auf Structur, Härte ꝛc. und chemische Zusammensetzung. (Siehe weiter unten.)

Nach Kaliski verlangen Kalksteine, deren Kohlensäuregehalt unter 40 Percent nur Rothgluth, Dolomite, deren Kohlensäuregehalt über 40 Percent schwache Weißgluth, endlich Wiener Kalke eine kräftige Weißgluth zum Garbrennen. Die Temperatur im letzten Falle dürfte 1400 bis 1500 Grad erreichen, also den Schmelzgrad den Eisens, wenigstens denselben nicht viel übersteigen.

Alle Feuerungsanlagen, welche technischen und gewerblichen Processen dienen, erfordern einen dem vorliegenden Zwecke angepaßten Betrieb, soll sich größte Ausnützung des Brennstoffes mit möglichster Schonung des Brennapparates und hoher Qualität des Productes vereinigen; ein solch' rationeller Betrieb ist nur möglich, wenn die Ueberwachung

und Leitung des Feuers eine sachverständige und sichere, so daß der Pyrotechniker in der Lage ist, Störungen von dem Brennapparate möglichst fern zu halten oder, wenn solche ja eintreten sollten, sofort zu erkennen und abzustellen. Was für jede Feuerungsanlage gilt, gilt natürlich auch für die Kalkbrennöfen.

So lange man in hergebrachter Weise in den periodischen Oefen Kalk in kleinen Quantitäten brannte und guter Brennstoff zu billigen Preisen zur Verfügung stand, war man des Erfolges sicher, die Einfachheit des Brennapparates, die Erfahrungen der Vergangenheit garantirten denselben; um große Ersparung des Brennstoffes brauchte man kaum besorgt zu sein. Als aber die Kalkbrennöfen sich vervollkommneten, man zum continuirlichen Betriebe, zum Ring- und Gaskalkofenbetriebe überging, zu Brennapparaten, die auf wissenschaftlichen Principien basiren, complicirterer Natur sind, bei denen auch alle Erfahrungen mangelten — da konnten für jede einzelne Construction Mißerfolge nicht ausbleiben, Mißerfolge, die für jeden einzelnen Apparat auf andere Ursachen zurückzuführen, durch andere ihm entsprechende Mittel zu beseitigen waren. Für jeden dieser Brennapparate bildete sich dann aus der Erfahrung ein Brennreglement, dem sich das Brennpersonal zu unterwerfen hat.

So verschieden aber auch die Brennapparate sein mögen, der Verbrennungsproceß des Brennstoffes ist doch in allen derselbe, insofern durch den Sauerstoff der Luft die Verbrennung und dabei Hitze erzeugt wird, welche man ausnützt.

In allen Anlagen handelt es sich hierbei um Zufuhr des zur Verbrennung und Wärmeerzeugung nothwendigen Luftquantums, also Regelung des Zuges und damit der

Hitze, Ausnützung der letzteren, Fortführung der bei dem Brennprocesse zu beseitigenden Stoffe, hier namentlich der Kohlensäure des Kalkes.

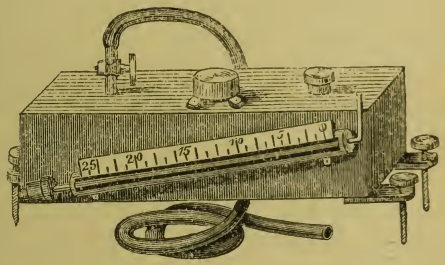
Wie für die ganze Pyrotechnik, so spielen für jeden einzelnen Zweig derselben, also auch für die rationelle Kalkbrennerei, alle jene Momente eine hervorragende Rolle, welche sich auf Regelung des Feuers, des Zuges, der Hitze, Fortführung gewisser Stoffe beziehen, und sie muß von den Forschungen, welche jene Momente klar legen, von den Apparaten und Methoden Act nehmen. Mit Bezug hierauf sind wir gezwungen, an dieser Stelle auf diejenigen Apparate kurz hinzuweisen, welche zur Zugregulirung, namentlich bei Ringöfen, sowie zur Untersuchung der Rauchgase in der Neuzeit angegeben worden sind, sowie auf die Resultate, welche sich bei Kalkofenbetrieb ergaben.

Die Erfahrung lehrt zwar, wie viel Brennstoff beispielsweise zum Garbrande einer Abtheilung des Ringofens nothwendig, ebenso wieviel bei anderen Oefen für ein gewisses Kalkquantum, dennoch aber bleibt für den Heizer die Schwierigkeit, die Hitze durch Regulirung des Zuges so zu leiten und zu regeln, daß an allen Stellen ein Product möglichst gleichbleibender Qualität entstehe. Der Zug des Schornsteins wird aber ungemein beeinflußt durch die Zustände der Atmosphäre, und zwar bald in unterstützendem, bald in hinderndem Sinne. Sache des Heizers ist es, diese Wirkungen durch theilweise Oeffnung oder Schließung der Register und Glocken so zu compensiren, daß immer derselbe Zug statt hat; die Compensation kann aber erst eintreten, wenn bereits eine Störung bemerkt wurde, also wirklich erfolgt ist. Nur ausnahmsweise und nach langer Erfahrung wird es gelingen, solchen Störungen durch Direction der Klappen und Ventile schon vorher zu begegnen. Zugstörungen sind

aber Betriebsstörungen und sind mit Brennstoffverlusten verbunden. Neuerlich ist nun von Scheurer-Kestner ein die Zugregulirung ungemein erleichternder Zugmesser ersonnen und von Seger und Aron für die Praxis etwas vereinfacht worden.*)

Derselbe besteht aus einem Blechkasten (Fig. 26), der mit Hilfe einer Doppellibelle horizontal aufstellbar ist, oben links ein durch Hahn verschließbares Messingröhrchen, oben rechts einen durch einen Messingdeckel luftdicht verschraubbaren weiteren Röhrenansatz trägt. Vorn ist ein knieförmiges Röhrenstück an den Kasten eingesetzt, darin sitzt eine mit der Atmosphäre communicirende, mit einer Messingröhre mit Schlitz geschützte Glasröhre; an der Messingröhre sitzt ein Maßstab zur Ablesung des Standes der Flüssigkeit in der Glasröhre. Der Apparat wird, nachdem er horizontal aufgestellt ist, mit Petroleum bis zum Nullpunkte der Theilung gefüllt. Man gießt dasselbe in die Oeffnung oben rechts und verschraubt dieselbe wieder luftdicht. Ueber das Rohr links zieht man einen Gummischlauch, den man mittelst einer eisernen Röhre mit dem Punkte in Verbindung bringt, an den man den Luftzug messen will. Wird nun der Hahn geöffnet, so wird durch den Schornstein die Luft im Kasten

Fig. 26.



*) Notizbl. 1875. S. 191. Zwick, Natur der Ziegelthone, 1878 S. 557, 558, 570.

über dem Niveau des Petroleums in dem Maße verdünnt, wie es der Wirkung des Schornsteins an der beobachteten Stelle entspricht. Auf das Petroleum-Niveau in der Glasröhre aber wirkt der volle Druck der Atmosphäre und in Folge dessen wird dasselbe in der Glasröhre um ein dem Ueberdruck der Atmosphäre entsprechendes Maß zurückgedrängt, und zwar giebt die Ablesung den Höhenunterschied des Niveaus in der Glasröhre und im Kasten zehnfach vergrößert an, weil die Glasröhre am Apparate mit einer Neigung wie 1 : 10 angebracht ist. Hierdurch wird es selbst ungeübten Beobachtern, wie Brennern, Heizern ꝛc., möglich, mit möglichster Schärfe den Zug abzulesen und in einer durch die Erfahrung oder etwa durch ein- für allemal gemachte wissenschaftliche Vorversuche normirten Stärke zu reguliren.

Es ist bekannt, daß ein bestimmter Schornstein nicht immer gleichmäßig functionirt. Es hängt das von den verschiedensten Umständen, besonders aber von den Witterungsverhältnissen und der herrschenden Windrichtung ab. Auch locale Umstände, wie die gleichzeitige Einführung von Rauchgasen aus Brennöfen und Dampfkesselfeuerungen, können den Zug wesentlich beeinflussen. Es wird z. B. nicht gleichgiltig sein, ob die Gase des Vollfeuers in die Esse einsteigen oder die stark mit Wasserdämpfen belaufenen Rauchgase eines schmauchenden Ofens.

Dort, wo die Feuerungen *feste* sind, kann man dem Apparate eine feste Stellung geben, und zwar derart, daß ihn der Heizer vor Augen hat. Beim Ringofen muß er stets in einer bestimmten, durch die Zahl der Heizlöcher abzumessenden Entfernung vom Feuer aufgestellt werden. Für diesen Zweck stellt man ihn auf einen Holzschemel und führt den Gummischlauch auf ein eisernes Röhrchen, das in einem durchbohrten Heizdeckel eingeschraubt ist. Mit Hilfe

dieses Apparates kann man den Heizern durch Zahlen den Zug vorschreiben, mit welchem sie arbeiten müssen.

Eine rationelle Verbrennung wird bekanntlich vorzugsweise durch ein passendes Luftvolumen eingeleitet; ist dieses nicht vorhanden, so geht dieselbe nicht allein unvortheilhaft vor sich, sondern die zu brennenden Producte leiden nicht selten. Der Sauerstoff der Luft bewirkt die Verbrennung, der Stickstoff (zu 79 Volumen vorhanden) nimmt keinen Theil daran und vermindert den Wärmeeffect, da er das Volumen der Verbrennungsgase vergrößert, die Temperatur in Folge dessen herabstimmt.

Die größte Wärme-Entwickelung wird bei Verbrennung eintreten, wenn der zugeführte Sauerstoff den im Brennstoff vorhandenen Kohlenstoff und Wasserstoff in beziehungsweise Kohlensäure und Wasser überführt; dies ist aber der Fall, wenn auf 6 Gewichtstheile Kohlenstoff 16 Gewichtstheile Sauerstoff und auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff 8 Gewichtstheile Sauerstoff zugeführt werden, im anderen Falle, bei Luftüberschuß, entsteht eine Vergrößerung der Volumen und Herabstimmung der Temperatur, oder bei Mangel, eine unvollkommene, weniger Wärme erzeugende Verbrennung, in beiden Fällen Verlust an Wärme.*)

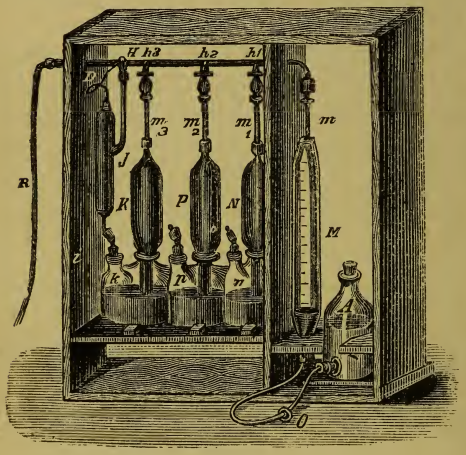
Ein sicheres Mittel zur Erkennung einer rationellen Verbrennung kann nur die chemische Analyse der Verbrennungsproducte liefern, diese ist aber schwierig auszuführen. Um so erfreulicher ist es, daß von dem Franzosen Orsat ein Apparat erfunden wurde, welcher in wenigen Minuten gestattet, eine für technische Zwecke hinreichend genaue Analyse der Rauchgase auszuführen in Bezug auf deren Gehalt an Kohlensäure, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Stickstoff.

*) Notizblatt 1875. S. 145. D. Jahrb. d. Baug., 1875 S. 285.

Der von J. Salleron in Paris angefertigte Apparat hat in dem Laboratorium der Töpfer- und Ziegler-Zeitung in Berlin*) einige Abänderungen, die ihn praktisch brauchbarer machen sollen, erfahren; in dieser letzten Form zeigt ihn Fig. 27.

Die Benützung des Apparates beruht darauf, daß ein gemessenes Quantum der Rauchgase aus dem Ofen ausgesogen wird und dieses nach und nach mit auf einer großen Oberfläche vertheilten Natronlauge, dann mit pyrogallussaurem Natron und schließlich mit einer ammoniakalischen Kupferchlorürlösung zusammengebracht wird. Die erstere nimmt die Kohsäure daraus fort, das zweite den Sauerstoff, das dritte ist ein Lösungsmittel für das Kohlenoxydgas, so daß als Rest Stickstoff bleibt. Werden 100 Kubikcentimeter Rauchgase abgemessen und nach jeder Behandlung derselben mit den verschiedenen Absorptionsflüssigkeiten die Volumenabnahme gemessen, so erhält man direct ohne Rechnung

Fig. 27.




*) Dort sind Apparate für den Preis von 150 Reichsmark zu beziehen.

die Volumenpercente der einzelnen Hauptbestandtheile durch die in Kubikcentimeter ausgedrückten Volumenabnahmen.

Der Orsat'sche Apparat für Rauchgasanalyse hat nun folgende Einrichtung (Fig. 27):*)

Eine cylindrische, graduirte Glasröhre M steht einerseits mittelst eines durch einen Quetschhahn verschließbaren Kautschukschlauches mit einer Flasche A in Verbindung, anderseits läuft sie in ein sehr enges Glasrohr aus, welches durch eine Stopfbüchse mit einem sehr eng gebohrten Zinnrohr luftdicht verbunden ist. Dieses Zinnrohr hat vier Abzweigungen, von denen drei $h_1$, $h_2$ und $h_3$ durch Zinnhähne verschließbar sind, unter welchen sich wiederum drei Stopfbüchsen befinden. Senkrecht unter diesen Hähnen finden sich drei zweihalsige Glasflaschen n, p, k, welche als Reservoirs für die Absorptionsflüssigkeiten dienen und in deren mittelsten Hals die Absorptionsgefäße N, P, K mittelst Gummipfropfen eingesetzt sind. Die letzteren sind cylindrische Glasgefäße von etwa 150 Kubikcentimeter Inhalt, die unten in ein Rohr auslaufen, welches bis nahe auf den Boden des Reservoirs n p k hinabreicht und oben zu einem engen Halse zusammengezogen sind. Diese Gefäße sind ganz mit engen Glasröhren angefüllt, welche, benetzt, der Absorptionsflüssigkeit eine große Oberfläche geben. In dem das Aufsaugen des Kohlenoxydes bestimmten Gefäße K befindet sich außerdem noch eine Quantität Kupfer- oder Messingdrähte. Die vorerwähnte Zinnröhre ist bei der vierten Ableitung mit einem dreifach durchbohrten Hahn H verschließbar, dessen Bohrungsrichtung am Griff durch einen kleinen angesetzten Dorn D sich schon durch das Gefühl markirt. Durch den Hahn H kann die Zinnröhre und damit der ganze Apparat

*) Notizblatt 1875, S. 145.

abgeschlossen, resp. mit dem zum Ofen führenden Gummischlauch R und mit dem kleinen Luftinjector J in Verbindung gebracht wurden. Der Injector J hat den Zweck, vor der Benützung des Apparates die in der Rohrleitung R enthaltene Luft oder Stickstoff auszupumpen und sie mit dem Rauchgase zu füllen. Bläst man kräftig durch das an einem Gummischlauch hängende Mundstück i, so treibt man durch eine kleine Glasspitze einen kräftigen Luftstrahl in einen kleinen Trichter, reißt die im Injector enthaltene Luft mit und bewirkt dadurch in demselben eine Luftverdünnung, welche zur Aussaugung der Rohrleitung R dient. Die Verbindung der Absorptionsgefäße mit den Hähnen $h_1$, $h_2$, $h_3$ ist hergestellt durch sehr enge, dickwandige Glasröhren, welche oben in die Stopfbüchsen der Hähne luftdicht eingelassen, an die Hülse der Absorptionsgefäße mittelst kleiner Gummischläuche luftdicht befestigt sind. Durch diese Anordnung gewinnt der Apparat eine gewisse Biegsamkeit, so daß er vor einem Zerbrechen geschützt ist. Zu bemerken ist noch, daß das Mischrohr M mit einem Glasmantel umgeben ist. Der Zwischenraum ist mit Wasser gefüllt, um etwa noch übergehende Wasserdämpfe aus den Rauchgasen zu condensiren und Temperaturschwankungen während des Versuchs zu vermeiden. Der ganze Apparat ist in einem Holzkasten mit Schiebedeckel angeordnet, so daß er vor Verletzungen geschützt ist; außerdem sind die Reservoirs für die Absorptionsflüssigkeit verschließbar, so daß bei dem Transport desselben ein Verlust nicht stattfinden kann. Ueber die praktische Handhabung ist Folgendes zu bemerken:

Es ist dafür Sorge zu tragen, daß die Flüssigkeiten in den drei Absorptionsgefäßen und in der graduirten Röhre bis zu den an ihnen eingeätzten Marken emporreichen, also die Natronlauge in N bis $m_1$, das pyrogallussaure Natron

in P bis $m_2$ und die Kupferlösung in K bis zu $m_3$ und endlich das Wasser M bis zur Marke m stehen. Dies geschieht in folgender Weise: Man entfernt den Gummipfropfen von A und nimmt die Glaspfropfen von den Flaschen n, p und k ab; die Hähne $h_1$, $h_2$ und $h_3$ werden geschlossen, H so gestellt, daß die Zinnröhre mit der äußeren Luft communicirt. Letzteres ist der Fall, wenn der Handgriff des Hahnes H horizontal ist, also in der Richtung der horizontalen Zinnröhre steht; man hebt die Aspiraturflasche A mit der rechten Hand, öffnet den Quetschhahn Q mit der linken und läßt aus A so lange Wasser in die Röhre M fließen, bis die Marke m erreicht ist, worauf man Q wieder schließt. Nunmehr sperrt man die Communication der Zinnröhre mit der äußeren Luft ab, indem man den Hahn H so stellt, daß sein Handgriff senkrecht zur Röhre steht, während der Dorn D nach links zeigt. Zunächst ist nun die Natronlauge in N bis zur Marke $m_1$ zu bringen. Zu diesem Behufe öffnet man $h_1$, so daß die Meßröhre M mit dem Gefäße N communicirt. Senkt man nun die Flasche A und öffnet den Quetschhahn Q, so sinkt das Wasser in M und es steigt in Folge der Luftveränderung die Natronlauge in N in die Höhe. Das Auge hat stets die steigende Flüssigkeit zu fixiren. Man läßt die Natronlauge nur genau bis $m_1$ steigen, indem man in dem Moment, wo dieser Punkt erreicht ist, den Quetschhahn Q schließt. Dieses Einstellen erfordert einige Aufmerksamkeit, damit man die Natronlauge nicht bis über die Marke oder gar in die Zinnröhre hineinzieht. Ist die Natronlauge nur etwa über die Marke hinausgegangen, so hat man nur A zu heben, Q zu öffnen und die Natronlauge vorsichtig bis zur Marke m sinken zu lassen. Sollte aber unvorsichtiger Weise die Natronlauge bis in das Zinnrohr gezogen sein, so muß man dasselbe

wieder reinigen. Dies geschieht in der Weise, daß man durch Heben von A mit geöffnetem Quetschhahn einige Tropfen Wasser durch die Röhre spült. Ist aber die Lauge gar bis in die Meßröhre M gezogen worden, so bleibt nichts übrig, als das Wasser in M durch reines Wasser zu ersetzen, weil sonst Fehler in der Analyse entstehen würden. Dies würde in der Weise auszuführen sein, daß man sofort $h_1$ schließt, H öffnet, A senkt, Q öffnet und sämmtliches Wasser aus M ausfließen läßt in die Flasche A. Man kehrt dann A um, gießt das Wasser fort und ersetzt es durch neues. Mit diesem Wasser spült man die Zinnröhre aus, indem man durch Heben von A dasselbe in die Röhre eintreten läßt, zieht es durch Senken von A wieder in die Flasche A und schüttet auch dieses Wasser aus. Nachdem man nun nochmals frisches Wasser in A gegeben hat, ist der Apparat als gereinigt zu betrachten. Um solche Wirkungen zu vermeiden, beachte man sorgfältig die Regel, daß das Auge auf die steigende Flüssigkeit zu richten ist, damit die Flüssigkeit nur genau bis zur Marke emporgesogen werde. Deshalb agire man, sobald die aufsteigende Flüssigkeit sich dem engen Rohre, auf dem die Marke eingeätzt ist, nähert, sehr vorsichtig mit dem Quetschhahn und wende nur leichten Druck und in kleinen Intervallen an. Ist die Natronlauge ordnungsgemäß bis $m_1$ emporgehoben, so schließe man den Hahn $h_1$.

Es handelt sich nun darum, das pyrogallussaure Natron in P bis Marke $m_2$ zu heben. Dies geschieht in der oben geschilderten Art. Man öffnet zuerst H, so daß der Handgriff dieses Hahnes horizontal steht, hebt A, öffnet Q dabei und läßt das Wasser in M bis zur Marke m steigen, dann schließt man H, öffnet aber diesmal $h_2$ statt $h_1$ und verfährt sonst, wie oben angegeben. Steht da-

pyrogallussaure Natron bei Marke $m_2$, so schließt man $h_2$ und es wiederholt sich nun das analoge Spiel bei dem dritten Absorptionsgefäß K. Steht auch hier die Flüssigkeit bei Marke $m_3$, so schließt man $h_3$ und es bleibt nur noch übrig, in bereits bekannter Weise das Wasser in M bis zur Marke m zu treiben.

Ist der Apparat so eingestellt, so untersuche man vor jedem Versuche, ob alle Verschlüsse luftdicht sind. Ob die Hähne $h_1$, $h_2$, $h_3$ oder die unter den Hähnen befindlichen Stopfbüchsen und Schlauchverbindungen dicht sind, erkennt man sofort daran, daß die Flüssigkeiten an den betreffenden Marken stehen bleiben. Sinken dieselben aber, so sind entweder die Hähne oder die Stopfbüchsen, oder der kurze Schlauchverband nicht dicht. Im ersteren Falle sind die Hähne neu zu schmieren, im anderen die Gummiverschlüsse nachzuziehen oder durch neue zu ersetzen. In keinem Falle ist eine Analyse mit einem nicht absolut dicht schließenden Apparate anzustellen. Bleiben die Flüssigkeiten aber an den betreffenden Marken stehen, so ist der Apparat in den Absorptiontheilen dicht. Ob er sonst dicht ist, erkennt man dadurch, daß wenn H so geschlossen ist, daß der Dorn D nach links zeigt, A gesenkt, Q geöffnet wird, das Wasserniveau bei Abschluß der Hähne $h_1$, $h_2$, $h_3$ außer einer geringen anfänglichen Senkung constant stehen bleibt, nicht aber beständig, wenn auch langsam sinkt. Sinkt das Niveau, so ist entweder H nicht dicht und muß geschmiert werden, oder es ist die Stopfbüchse der Meßröhre M nicht dicht und dann muß letztere in Ordnung gebracht werden. Erweist sich aber der Verschluß überall zuverlässig, so kann, wenn die Herstellung genau erfolgt ist, die Analyse begonnen werden.

Analyse der Rauchgase. Es handelt sich zunächst

darum, aus der Röhrenleitung, die zum Apparat führt, die atmosphärische Luft zu entfernen und sie mit den zu untersuchenden Rauchgasen anzufüllen.

Das geschieht in folgender Weise: Hahn H wird so gestellt, daß die Röhrenleitung R mit dem kleinen Injector J in Verbindung steht. Dies ist dann der Fall, wenn H horizontal steht und der angelöthete Dorn D nach J gesenkt ist. Nun nimmt man das Mundstück i in den Mund und bläst mehrere Male kräftig hinein, indem man kurz vor Ende des jedesmaligen Hineinblasens mit der linken Hand den Schlauch R zukneift, beim Beginn des Hineinblasens aber R frei läßt, und dreht beim fünften oder sechsten Luftstoße den Hahn so, daß seine Verbindung mit dem Injector J unterbrochen ist, d. h. H steht horizontal, hat aber den angelötheten Dorn D nach oben gekehrt. Senkt man nun Flasche A, öffnet Q und läßt das Wasser aus M so lange ausfließen, bis sich der untere Rand des Wasserniveaus genau bei dem Theilstriche 100 befindet, schließt dann H, d. h. stellt man ihn senkrecht zur Zinnröhre, während der Dorn des Hahnes nach links gekehrt ist, so hat man 100 Kubikcentimeter von Rauchgasen im Apparate, abgeschlossen von der äußeren Luft. — Es kommt nun darauf an, die Zusammensetzung derselben zu ermitteln. Zu diesem Behufe öffnet man zunächst $h_1$, hebt Flasche A, öffnet Quetschhahn Q und treibt die Gase in das Absorptionsgefäß N, in dem die Kohlensäure in Folge der Auffaugung derselben durch die Natronlauge zurückbleibt. Man lasse hierbei das Wasser nicht über die Marke m steigen. Um auch den letzten Rest von Gas, der von Marke m bis zur nächsten durch Natronlauge benetzten Stelle, also etwa bis $m_1$ zurückbleibt, von Kohlensäure zu befreien, läßt man die Natronlauge in bekannter Weise wieder auf- und dann zurücksteigen. Schließlich

hebt man dieselbe wieder bis $m_1$, schließt Hahn $h_1$ und mißt nun in der Meßröhre M das Volumen des Gasrückstandes. Um keinen Fehler zu begehen, muß das Messen des Gases in der Weise erfolgen, daß es dabei genau unter dem Druck der Atmosphäre steht. Dies ist dann der Fall, wenn man den Quetschhahn öffnet und A so hebt, daß das Niveau des Wassers in A und das Niveau des Wassers in M genau gleich hoch steht. Dann schließt man, während A sich noch in dieser Stellung befindet, den Quetschhahn Q und liest nunmehr ab, wie viel Kubikcentimeter Gas sich noch in M befinden, wobei man immer den unteren Rand des Wasserniveaus als Maßstab wählt und das Auge genau horizontal in die Höhe dieses Niveaus bringt. Die Differenz des gefundenen Volumens und des ursprünglichen von 100 Kubikcentimeter giebt das Volumen der Kohlensäure in Kubikcentimeter, resp. in Percenten an. Hierbei ist zu bemerken, daß die Natronlauge, so lange sie noch frisch ist, fast momentan absorbirt, später muß man einige Minuten warten, selbst die Glasröhren in den Absorptionsgefäßen durch mehrfaches Heben und Senken der Natronlauge neu benetzen. Bemerkt man, daß die Absorption langsam sich vollzieht, so ist es gerathen, die Natronlauge durch frische zu ersetzen.

Hat man die Menge der Kohlensäure so ermittelt, so ist zunächst die Menge des freien Sauerstoffes zu bestimmen. Dies geschieht in der Weise, daß man jetzt $h_2$ öffnet und den Gasrückstand aus M durch Heben der Flasche A bei geöffnetem Quetschhahn Q in das Gefäß mit pyrogallussaurem Natron treibt. Die Manipulationen sind in diesem Falle analog denen, wie sie vorher für die Absorption der Kohlensäure beschrieben sind. Die Absorption erfordert in diesem Gefäße nur etwas längere Zeit, 5 Minuten

etwa, und ist es zweckmäßig, die Glasröhren in P mehrmals mit der sich dunkelbraun färbenden Lösung der Pyrogallussäure zu benetzen. Schließlich mißt man den Gasrückstand analog wie oben. Die Differenz zwischen der letzten Messung und der nunmehrigen giebt die Menge des freien Sauerstoffs in Kubikcentimeter und Volumenpercenten an.

Um endlich das Kohlenoxydgas zu bestimmen, treibt man nach Oeffnung von $h_3$ den Rest des Gases aus M in das Gefäß K. Ist hier das Kohlenoxydgas verschluckt, so mißt man wieder den Rückstand des Gases in M und findet aus der zurückbleibenden Menge und der vorhergehenden Messung die Menge desselben. Das Gas, das nun noch in M zurückgeblieben ist, ist Stickstoff. Man hat also die Menge der vier Gase, die man bestimmen wollte, festgestellt.

Um eine neue Analyse zu machen, hat man den Apparat wieder einzustellen. Da die Flüssigkeiten in den drei Absorptionsgefäßen, wie aus dem Obigen erhellt, bis zu den dazu gehörigen Marken aufgesogen sind, so ist nur das Wasser in M bis zur Marke m zu bringen. Zu diesem Behufe dreht man H so, daß M mit dem Injector J communicirt, d. h. daß der Dorn D nach unten gerichtet ist, und läßt nun durch Heben von A bei geöffnetem Quetschhahn das Wasser bis Marke m steigen. Nunmehr ist der Apparat zu einer neuen Analyse hergerichtet.

Zu bemerken ist noch, daß die Natronlauge passend in einer Concentration von 1 Gewichtstheil geschmolzenem Natronhydrat in 3 Gewichtstheilen destillirten Wassers gewählt wird. — Für das pyrogallussaure Natron nimmt man 25 Gramm Pyrogapussäure, löst dieselbe in möglichst wenig heißem Wasser und versetzt mit 15 Kubikcentimeter

der obigen Natronlauge. Die dritte Flüssigkeit wird hergestellt durch Vermischen von gleichen Theilchen Ammoniakflüssigkeit und einer gesättigten Salmiaklösung, welche man mit Kupferhammerschlag oder geglühten Kupferspänen schüttelt, bis sie intensiv dunkelblau gefärbt ist. Man gießt passend auf die drei Lösungen in den Flaschen etwas Solaröl in einer Schicht von einigen Millimetern, damit sie vor Berührung mit der Luft geschützt sind, weil sie sonst, namentlich die Lösung der Pyrogallussäure wie die Kupferlösung, sehr bald unwirksam wird. In diesem Falle reichen die Lösungen für mehrere Hunderte von Analysen aus.

Die Feuergase im Kalkringofen untersuchte H. Seger*) mit dem Orsat'schen Apparat. In dem Ofen wurde ein Rüdersdorfer Muschelkalk verbrannt, der bei Anwendung schlechter Braunkohle in großen Stücken eingesetzt wird und hohe Brenntemperatur erfordert. Die benützte Senftenberger Förderkohle enthielt:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff . . . | 34·4 | Percent |
| Wasserstoff . . | 3·8 | » |
| Sauerstoff . . . | 15·5 | » |
| Wasser . . . . | 42·7 | » |
| Asche . . . . . | 3·1 | « |

Seger entnahm alle 10 Minuten durch Eisenrohre ein Gasquantum von der Ofenröhre und unter dem Gewölbe und stellte die Resultate der Analyse in folgender Tabelle zusammen.

*) Töpf.- u. Ziegl.-Ztg. 1876. S. 105. Dingl. Journ. S. 224, 226.

| Nr. | Zahl d. Einzelversuchs | Saugung d. Schornst. | Zusammensetzung der Feuerluft 100 Cm. unter dem Gewölbe | | | | Percente der effectiv verbrannten Luft | Kohlens. herstamm. aus dem | | Zusammensetzung der Feuerluft 10 Cm. über der Ofensohle | | | | Percente der effectiv verbrannten Luft | Kohlens. herstamm. aus dem | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kohlensäure | Sauerstoff | Kohlenoxyd | Stickstoff | | Kalkstein | Brennmaterial | Kohlensäure | Sauerstoff | Kohlenoxyd | Stickstoff | | Kalkstein | Brennmaterial |
| | | Mm. | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6 | 53 | 7·6 | 12·2 | 0 | 80·0 | 44·5 | 0 | 7·6 | 9·2 | 10·9 | 0 | 80·5 | 49 | 0·5 | 8·5 |
| 2 | 6 | 25 | 17·4 | 6·2 | 0 | 76·4 | 69 | 5·2 | 12·2 | 17·3 | 6·5 | 0 | 76·0 | 68 | 5·5 | 11·8 |
| 3 | 8 | 23 | 16·3 | 7·1 | 0 | 74·0 | 63 | 4·8 | 11·5 | 15·3 | 8·2 | 0 | 74·0 | 59 | 4·9 | 10·4 |
| 4 | 7 | 67 | 11·5 | 10·0 | 0 | 78·5 | 52 | 2·2 | 9·3 | 13·0 | 8·3 | 0 | 76·1 | 61 | 2·5 | 10·9 |
| 5 | 7 | 54 | 12·3 | 12·3 | 0 | 75·8 | 38 | 5·7 | 6·7 | 18·1 | 8·1 | 0 | 74·0 | 59 | 8·3 | 10·0 |
| 6 | 9 | 30 | 19·0 | 8·1 | 0 | 72·4 | 56 | 9·6 | 9·4 | 27·7 | 2·9 | 0 | 64·5 | 84 | 14·4 | 13·4 |
| 7 | 6 | 61 | 10·6 | 14·9 | 0 | 76·7 | 27 | 3·9 | 4·9 | 24·6 | 0 | 2 | 73·0 | 100 | 9·1 | 16·5 |

Bei Nr. 1 unzureichende Temperatur für partielle Zersetzung des Kalkes; bei 2, 3, 4 langsames Fortschreiten des Feuers bei mäßiger Temperatur; bei 5, 6, 7 rasches Fortschreiten des Feuers bei hoher Temperatur.

Hieraus ergiebt sich, daß die Zusammensetzung der Feuergase auf Ofensohle und unter dem Gewölbe bei mäßigem Zuge die gleiche ist; man also auch gleiche Verhältnisse für die Wärme-Entwickelung und den dadurch hervorgerufenen chemischen Proceß des Kalkbrandes, nämlich der Kohlensäure-Entwickelung voraussetzt, so weit dies bei der naturgemäßen Unregelmäßigkeit der Luftwiderstände im Einsatz möglich ist; daß dagegen bei heftigem Zuge erhebliche Differenzen vorhanden sind, die sich wohl daraus erklären, daß die oben horizontal streichende Luft hier auf weniger Brennmaterial trifft, als erforderlich, ihr den Sauerstoff zu entziehen, unten dagegen ihr Sauerstoff nahezu verzehrt wird. Reicht oben der Brennstoff nicht aus, allen bei starkem Zuge durchgehenden Sauerstoff zu verzehren, so kann natürlich

auch keine hohe Temperatur entwickelt werden, wie zur Zersetzung des kohlensauren Kalkes und Austreibung der Kohlensäure erforderlich. Dagegen in den unteren Partien ist das Luftquantum selbst bei starkem Zuge ein geringeres als in den höheren Regionen des Ofens; die Hitze reicht zur Zersetzung aus, die Kohlensäure wird weniger durch nutzlos durch den Ofen gehende atmosphärische Luft verdünnt. Die noch vielfach gemachte Annahme, daß die schweren Gase, also beim Kalkbrennen die Kohlensäure, vorzugsweise die unteren Regionen durchstreichen, ist also nicht zutreffend; wo sie eintrifft, rührt sie nicht von dieser Tendenz der Gase, sondern daher, daß in diesen unteren Partien bei starkem Zuge größere Reibungswiderstände zu überwinden sind und eine geringere Verdünnung mit Luft statthat als in den oberen.

Eine gewisse Grenze der Zuggeschwindigkeit kann daher nicht überschritten werden beim Kalkbrennen; auch darf das zugeführte Luftquantum um so größer sein, das Fortschreiten des Feuers um so schneller geschehen, je schneller sich die Kohle in gasförmige Producte verwandeln läßt.

Die sonst gemachte Annahme, nach welcher ein lebhafter Zug die Kohlensäure-Entbindung unbedingt befördert, ist also nur bis zu dieser Zuggeschwindigkeits-Grenze und so weit zutreffend, als dadurch die Temperatur, die zur Austreibung der Kohlensäure erforderlich, bleibt (siehe oben).

# III.

## Eigenschaften des gebrannten Kalkes und Kalklöschen.

Der kohlensaure Kalk ist durch das Brennen in Calciumoxyd (CaO), Kalkerde oder gebrannten Kalk übergegangen, hat dabei über 40 Percent Kohlensäure und das beigemischte Wasser verloren, an seinem Gewichte etwa die Hälfte, an seinem Volumen 10 bis 20 Percent eingebüßt.

Die Beschaffenheit des gebrannten Kalkes ist verschieden; bald dicht, fest und körnig, bald locker und leichter zerreiblich, je nach der Qualität des rohen Kalksteines. War derselbe rein, frei von großen Verunreinigungen, so zeigt das Product eine weiße Farbe; gewöhnlich aber ist dies nicht der Fall und erscheint es daher weißgrau, graugelblich, gelblichweiß ꝛc., weil es stets etwas Thon, Eisenoxyd, Magnesia ꝛc. enthält.

Besprengt man den gebrannten Kalk mit Wasser, so saugt er dieses begierig auf, verbindet sich damit chemisch, zerfällt dabei zu Pulver und bildet das Kalkhydrat $\left.\begin{matrix}H_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2$ Dieses entläßt sein Wasser erst wieder bei Rothgluth. Die Ueberführung des gebrannten Kalkes in Kalkhydrat heißt das Löschen des Kalkes, das pulverige Hydrat heißt gelöschter Kalk. Bei derselben findet eine bedeutende Wärme-Entwickelung statt, derart, daß Wasser verdampft, Holz verkohlt, Schießpulver dadurch entzündet werden kann.

Bringt man zu gebranntem Kalk einen Ueberschuß

von Wasser, so daß es einige Centimeter darüber steht, so löscht er sich ebenfalls, und zwar unter heftigem Kochen und Wasserdampf-Entwickelung, und bildet nachher eine weiße, sich schmierig anfühlende Masse, *Kalkbrei* genannt. Während das trockene Hydrat gewöhnlich körnig ist, ist dieser Brei fettig, zähe, klebrig, und zwar um so mehr, je reiner der gebrannte Kalk, je weniger, je unreiner dieser war. Mit Rücksicht hierauf unterscheidet man *fetten Kalk* und *mageren Kalk*. Diese Eigenschaft erklärt sich aus dem Umstande, daß *nur dem Kalkhydrat*, nicht den fremden Beimengungen, die Eigenschaft innewohnt, diese fettige Masse zu bilden. Der häufigste Begleiter des natürlichen kohlensauren Kalkes ist die kohlensaure Magnesia, ja er geht beim Mehrgehalte daran in Dolomit über. (Vergl. Natur des Kalkes oben.) Auch sie hat durch das Brennen die Kohlensäure verloren und ist in gebrannte Magnesia, Magnesiaoxyd oder Magnesia übergegangen, bildet beim Löschen zwar Magnesiahydrat, entbehrt aber die fettige Eigenschaft des Kalkes, ist vielmehr kurz. Nimmt also dieser Magnesiagehalt zu, so wird der Kalkbrei kurz, entsteht der *magere* Kalk. Schon bei 10 Percent Magnesia ist das Magerwerden deutlich zu erkennen; steigert sich der Gehalt auf 25 bis 30 Percent, so wird der Kalk unbrauchbar.

Nicht selten findet man im gebrannten Kalk Stücke, die mit Wasser nicht gleichmäßig zerfallen; dieselben haben beim Brennen entweder die Gare noch nicht erreicht, also nicht alle Kohlensäure verloren, sind *nicht gar gebrannt*, oder die Hitze war zu groß, daß der Kieselsäure und Thon führende Kalkstein nicht nur seine Kohlensäure verlor, sondern durch dieselbe kieselsaure Verbindungen entstanden, die sich nicht in der Weise des Kalkes löschen. Solchen Kalk nennt man *todtgebrannt*.

Wird dem gelöschten Kalk ein noch größerer Wasserüberschuß gegeben, so entsteht eine milchige Flüssigkeit oder Kalkmilch. Der Kalk ist in Wasser wenig löslich, und zwar weniger löslich in heißem als in kaltem Wasser. Nach Dalton bedarf ein Theil Kalk bei 15 Grad C. 778 Theile Wasser zur Lösung.

Nach Versuchen von A. Lomy (comptes rendus 1878, p. 333) *) ist die Löslichkeit des Kalkes verschieden nach der Abstammung desselben, der Dauer der Einwirkung und dergleichen. Nachfolgende kleine Tabelle giebt den Kalkgehalt von 1 Kilogramm Kalkwasser bei verschiedenen Temperaturen, und zwar unter I des durch Glühen von aus Nitrat gefälltem Carbonat hergestellten, unter II von geglühtem Marmor und unter III entwässertes Kalkhydrat:

| Temperatur Grade | I Gramm | II Gramm | III Gramm |
|---|---|---|---|
| 0 . . . | 1·362 | 1·381 | 1·430 |
| 10 . . . | 1·311 | 1·242 | 1·384 |
| 15 . . . | 1·277 | 1·299 | 1·348 |
| 30 . . . | 1·142 | 1·162 | 1·195 |
| 45 . . . | 0·996 | 1·005 | 1·033 |
| 60 . . . | 0·844 | 0·868 | 0·885 |
| 100 . . . | 0·562 | 0·576 | 0·584 |

Der gebrannte Kalk verbindet sich im wasserfreien Zustande nicht mit der Kohlensäure, auch nicht, wenn Wasserdampf vorhanden ist, sondern nur bei Gegenwart von flüssigem Wasser. In diesem Falle entsteht zuerst Kalkhydrat und dieses nimmt Kohlensäure auf und bildet wieder kohlensauren Kalk. Die Verbindung erfolgt in diesem Falle sehr schnell, so daß Kalkwasser sich an der Luft sofort mit einem Häutchen von kohlensaurem Kalk überzieht. Daraus

*) Dingler's Journ. Auch Thonind.-Ztg. 1878, S. 417.

ergiebt sich, daß der gebrannte Kalk entweder frisch verbraucht oder in gut verschlossenen Behältern aufbewahrt werden muß.

Nach Charleville *) ist das Gedeihen des Kalkes von der Art des Löschens soweit abhängig, daß

1. beim gewöhnlichen Löschen zu Kalkbrei sich das Volumen von 1 auf $3^1/_2$,

2. beim Löschen zu Kalkbrei von 1 auf 3,

3. bei Verwandlung solchen Pulvers zu Kalkbrei von 1 auf 2·56,

4. beim Zerfallen zu Pulver von 1 auf 2·5,

5. beim Anmachen von Brei aus zerfallenem Pulver von 1 auf 1·7 vermehrt.

Das Löschen des Kalkes ist in bestimmter Art auszuführen, namentlich die Wassermenge richtig zu bemessen, weil davon die Volumen-Zunahme oder das Gedeihen des Kalkes abhängt.

Ueber das Gedeihen des Kalkes und seine hierdurch mögliche Werthbestimmung haben neuerdings W. Wolters und J. Stingl Untersuchungen angestellt.

Nach Wolters **) zeigt der aus Marmor erbrannte kohlensaure Kalk noch deutlich körniges Gefüge, ist nicht zu einem sandigen Pulver zerdrückbar. Ein Stück desselben in's Wasser gelegt, löscht sich unter Zischen augenblicklich; 1 Theil desselben mit 3 Theilen Wasser giebt nach wenigen Minuten einen mäßig steifen, kaum noch zerfließlichen Brei.

Legt man Stücke dieses Kalkes in ein Glasrohr und leitet längere Zeit ($1^1/_2$ Stunden) Wasserdampf darüber, so zeigen sich keine Veränderungen, er bleibt körnig; der Kalk löscht sich also in Wasserdampf nicht; obwohl er

*) Notizbl. 1869, S. 244.

**) Dingler's Journ. 1870, S. 343.

vollkommen in Hydrat übergegangen, wächst und gedeiht er nicht. Die Wasseraufnahme und das Gedeihen sind offenbar von einander unabhängige Erscheinungen, die sich nicht nothwendig bedingen. Ein Stück gebrannter Kalk saugt zunächst Wasser auf, dann erst tritt chemische Bindung desselben ein, verbunden mit Wärme-Entwickelung; die Wärme kann nicht so schnell nach außen entweichen, sie wirkt also rasch verdampfend, treibt die Moleküle auseinander.

Das Gedeihen ist also eine Folge der plötzlichen Wasserdampf-Entwickelung, hervorgebracht durch die zusammengehaltene Wärme. Zum Gedeihen ist ein Wasserüberschuß, mehr als zur Hydratbildung nöthig; fehlt derselbe, so entsteht blos hydratisirter, sogenannter verbrannter Kalk.

Nach Stingl*) hat das Calciumoxydhydrat eine Dichte = 2·0068 und besitzt das direct dargestellte Kalkhydrat dieselben Volumenverhältnisse wie das aus reinem Kalkbrei abgeschiedene. Dieses Kalkhydrat hat die Eigenschaft, im Momente des Entstehens größere Mengen Wasser aufzunehmen und festzuhalten, ohne damit eine chemische Verbindung zu bilden, wodurch eine breiartige Masse entsteht und das Volumen vergrößert wird. Ein ähnlicher Vorgang wie das Gedeihen des Kalkes ist nach ihm die Wasseraufnahme durch Seifen, wo das Wassereinrühren auch »Füllen« genannt wird. Diese Wasseraufnahme kommt unter allen Bestandtheilen des gebrannten Kalkes nur dem freien Calciumoxyd zu und es findet dadurch eine Gewichts- und Volumen-Zunahme statt, ohne daß eine Zertheilung der Moleküle erfolgte. Im Gegentheil

*) Oe.-U. Thonwaaren-Techn. 1878, Nr. 6, 9, 10.

zeigt sich nach Versuchen Stingl's eine Contraction zwischen Calciumhydroxyd und Wasser.

Stingl erprobte drei gut gebrannte und von ihm analysirte Kalksorten aus der Bukowina auf die Verhältnisse bei der Wasserverbindung und auf die Dichte des Breies und fand:

| | Reines Calciumoxyd | Kalk von Kimpolung | Kalk von Krasna | Kalk von Jesopol |
|---|---|---|---|---|
| Enthalten Calciumoxyd . . . . . | 100 % | 98·06 % | 97·96 % | 94·68 % |
| 50 Gramm desselben geben dünn. Kalkbrei | 572·3 Kcm. | 543·8 Kcm. | 438·4 Kcm. | 233·5 Kcm. |
| Die Dichte dieses Kalkbreies beträgt . . . | 1·1007 | 1·107 | 1·145 | 1·280 |

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Güte eines Kalkes für die Mörtel-Fabrikation in letzter Instanz von der Menge Wasser abhängt, die das Calciumhydroxyd zu binden im Stande ist, was bedingt, daß die Dichte eines Kalkbreies um so kleiner ist, je mehr Wasser in ihm enthalten ist, oder je besser der Kalk ist.

Hat man daher ermittelt, wie viel Wasser — dem Gewichte nach — ein bestimmtes Quantum Calciumoxyd (gebrannter Kalk), dessen Dichte im Allgemeinen zu 2·2896 oder in runder Summe zu 2·3 genommen werden kann, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, aufzunehmen im Stande ist, um einen dünnen Kalkbrei von bestimmter Consistenz zu bilden, und bestimmt man hierauf die Dichte dieses Kalkbreies, so kann man mit Hilfe dieser zwei Daten ganz genau berechnen, wie groß die Volumen-Vermehrung des betreffenden gebrannten Kalkes ist. Wir haben dann für den vagen Ausdruck »Gedeihen« eine Zahl gewonnen, die einen sicheren Calcül gestattet. Zum Behufe

der Dichtenbestimmung muß der Kalkbrei dünn gemacht werden.

Aus diesen Eigenschaften ergeben sich die für die Aufbewahrung des gebrannten Kalkes und das Löschen desselben behufs Mörtelbereitung wichtigen Gesichtspunkte.

Die Kalkbrennerei muß für das erzeugte Product gut verschlossene, namentlich trockene Räume haben, wenn es nicht durch Wasseraufnahme und nachherige Kohlensäuerung verlieren soll. Der Transport muß in bedeckten Wagen geschehen, welche den Kalk vor Feuchtigkeit und Luft möglichst schützen.

Beim Kalklöschen kommt sehr viel auf die richtige Wassermenge und die sachverständige Arbeit an, soll der Kalk nicht durch zu wenig Wasser »verbrannt«, durch zu viel Wasser »ersäuft« werden. Am besten geschieht es auf die Weise, daß man den gebrannten Kalk zuerst mit so viel Wasser anfeuchtet, daß er zerfällt, und erst dann unter stetem Umrühren die Wassermenge vermehrt, bis kein Aufbrausen mehr stattfindet und ein gleichförmiger Brei entstanden.

Für technische Zwecke rechnet man das $3\frac{1}{4}$fache Gewicht Wasser für fetten Kalk. Das Wasser muß möglichst rein und frei von Kohlensäure sein, weswegen das Fluß- und Regenwasser dem Quell- und Brunnenwasser unbedingt vorzuziehen ist. Wasser, was viel Chlorverbindungen enthält (Meer- oder Soolwasser), ist nicht zu gebrauchen.

Gewöhnlich erfolgt das Kalklöschen in etwa $\frac{1}{2}$ Meter hohen, aus Brettern zusammengesetzten Kalkkästen, an deren schmaler Seite sich eine mit einem senkrechten Schieber verschließbare Oeffnung zum Auslassen des Breies in die Kalkgrube befindet. Die Steine werden in den Löschkasten nebeneinander ausgebreitet, dann sprengt man

Wasser darauf, wodurch sie unter Knistern bersten und zu Pulver zerfallen, und gießt nun unter Zerstoßen und Zerrühren mit der Löschkrücke die nothwendige Wassermenge hinzu, bis ein gleichförmiger Brei entstanden ist, den man in die Kalkgrube abläßt oder einsumpft. Das Einsumpfen in viereckige Gruben, Kalkgruben, gewährt manche Vortheile. Zunächst zerfallen die noch unaufgeschlossenen Theile des frisch gelöschten Kalkes vollends, die Masse wird gleichartiger, fetter und speckiger, setzt sich dichter zusammen, der Wasserüberschuß tritt über die Oberfläche und kann abgeschöpft werden. Dann läßt sich der Kalk in dieser Grube, die man oben mit Brettern zudeckt und auf diese einige Centimeter Sand schichtet, längere Zeit aufbewahren, ohne in kohlensauren Kalk überzugehen.

Die ältere, bereits von den Römern benützte Methode des Kalklöschens besteht darin, den gebrannten Kalk in kleinere Stücke zu zerschlagen, diese in einen geflochtenen Korb zu bringen und in Wasser so lange einzutauchen, bis auf der Oberfläche ein Kochen beginnt; dann wird der Korb herausgezogen, der Inhalt in ein Faß oder einen Kasten geschüttet, wo er sich stark erhitzt, so daß ein Theil des gebundenen Wassers als Dampf entweicht, dann zu Pulver zerfällt und nun überdeckt für die Mörtelbereitung aufbewahrt werden kann.

Neuerlich ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß es gewisse Vortheile bietet, wenn der gebrannte Kalk, anstatt als solcher liegen zu bleiben, zu Pulver gelöscht werde. Nach Villeneuve*) hat man von diesem Verfahren in Frankreich bereits vielfach Anwendung gemacht und das Vortheilhafte ist von der Pariser Akademie bestätigt worden. So

*) Dingler's Journ. 1869, S. 220.

ist dies Verfahren u. A. beim Bau der Eisenbahn zwischen Marseille und Avignon, ebenso beim Bau der Befestigungswerke von Paris in Anwendung gekommen.

Der gebrannte Kalk wird mit so viel Wasser besprengt, als er zu absorbiren vermag, jedoch jeglicher Ueberschuß vermieden, damit kein Brei entstehe. So bleibt er circa acht Tage in Haufen liegen, schwillt an, und nach dieser Zeit entfernt man die ungelöschten Kalkstücke mittelst eines Siebes, dessen Maschen $^1/_2$ Millimeter Weite haben. Die Kalkstückchen werden für sich zerrieben, ebenso mit Wasser besprengt und das Pulver dann dem andern zugegeben. Die Masse ist vollständig gelöscht und kann in Haufen, vor Regen geschützt, jahrelang aufbewahrt werden, ohne ihre Eigenschaften zu verlieren.

Dies Verfahren des Löschens des Kalkes zu Kalkpulver kam auch auf der sechsten Versammlung des deutschen Vereines für Fabrikation von Ziegeln ꝛc. *) zur Sprache. Türrschmiedt wies darauf hin, daß man hierdurch insofern einen Vortheil erziele, als der Kalkwerk-Betrieb der Brennereien auch auf den Winter ausgedehnt werden könne, wenn man die Kalkvorräthe durch das Löschen zu Staub conserviren könne; indessen bleibe eine offene Frage: Wie sich das Kalkpulver gegen Kälte verhalte? um so mehr, da in Frankreich nur mit hydraulischem Kalk derartige Versuche gemacht wurden. Segge macht darauf aufmerksam, daß das Verfahren in Schweden, Hoffmann, daß es auch in Holland für gewöhnlichen Kalk allgemein im Gebrauch ist und der Kalk thatsächlich jahrelang unverändert aufbewahrt werden könne. Brandt betont, daß er den gewöhnlichen Kalk zu Staub lösche und diesen mit Kohlenasche überdeckt aufbewahre.

*) Notizbl. 1870, S. 77.

# IV.

# Luftmörtel.

## 1. Zubereitung.

Luftmörtel oder Mauerspeise ist ein Gemisch von Kalkbrei und Sand, welches entweder als Kitt zwischen die Bausteine gebracht wird und mit der Zeit selbst Steinhärte annimmt, oder zum Verputzen der Mauern in ausgedehnter Weise Anwendung findet.

Luftmörtel nennt man ihn, weil er nur für in der Luft sich befindendes Mauerwerk, nicht für solches im Wasser brauchbar ist. In der Regel stellt man ihn aus eingesumpftem Kalk dar, welchen man mit der nöthigen Menge Wasser versetzt; hierzu bringt man dann unter Durchrühren und Durcharbeiten die nothwendige Quantität Sand und durchmischt die Körper so lange, bis sie eine homogene Masse bilden.

Als Mörtelsand kann fast jedes nicht mit Thon oder Ackererde vermischte feste zerkleinerte Gestein dienen, also Quarz-, Feldspath-, Glimmer-, Kalksand oder Gemenge dieser Sandarten. Man giebt dem scharfkantigen und eckigen Grubensande vor dem runden Flußsande den Vorzug, weil er bei gleichem Rauminhalte dem Kalkbrei eine größere Berührungsfläche darbietet, wodurch sich die Festigkeit des Mörtels vergrößert. Rücksichtlich seiner Brauchbarkeit zu Mörtel und seiner Korngröße theilt man den Sand in drei Classen: feinen Sand, gewöhnlich zu Verputzmörtel benützt, mittelgroben, für gewöhnliches Mauerwerk aus Ziegelsteinen, und groben für Bruchstein-Mauern.

Die Menge des zuzugebenden Sandes ist keine beliebige, sondern richtet sich nach der Qualität des Kalkes; je *fetter* der Kalk, desto mehr Sand kann er vertragen, ohne daß die Festigkeit des Mörtels dadurch beeinträchtigt wird; je magerer, desto weniger.

Das Verhältniß zwischen dem steifen fetten Kalkbrei und dem Sande ist gewöhnlich wie 1 : 3. In dem mageren Kalke ersetzen die fremden Stoffe (Magnesia, Thon) bereits einen Theil des Sandes.

Nach Wolfram ist dem Kalk so viel Sand zuzugeben, daß das Volumen des fertigen Mörtels dasjenige des Sandes nicht übersteige, also nur die Zwischenräume mit Kalk ausgefüllt werden und jedes Sandtheilchen von einer Kalkhülle umgeben sei.

Ueber die Verhältnisse zwischen Kalk und Sand, durch die ein dauerhafter Mörtel erzeugt wird, verbreitet sich *Zinrek*, aus dessen Abhandlung*) folgende Resultate hervorzuheben sind. Ein dauerhafter Mörtel muß im trockenen Zustande 13 bis 15 Percent Kalkerdehydrat enthalten. Außer der richtigen Bemessung der Sandmenge ist die Güte des Mörtels wesentlich von der *innigen Vermischung* der Bestandtheile abhängig. Wenn die Mörtelzubereitung durch die Hand des Arbeiters für Bauten geringer Ausdehnung auch genügt, so hat sie doch stets den Nachtheil, daß diese Zubereitung ganz in das Ermessen, die Willkür, die größere oder geringere Gewissenhaftigkeit des Arbeiters gegeben ist, von denen es abhängig sein wird, wie die Qualität des Mörtels sowohl hinsichtlich des Mengenverhältnisses seiner Bestandtheile als auch des Grades der Vertheilung sein wird.

*) Jahrb. 1870, S. 194 u. 195.

Bei größeren Bauten, wo es auf bedeutende Quantitäten möglichst guten Mörtels ankommt, hat man längst seine Zuflucht zu Mörtelmisch- und Zubereitungs-Maschinen genommen, die auch bei entsprechender Construction ihren Zweck vollständig erfüllen und dabei billiger produciren, als es durch Handarbeit möglich ist.

Die Mörtelmaschinen, theils verticale, theils horizontale, sind entweder nach Art eines gewöhnlichen Thonschneiders, wie er in der Ziegel-Fabrikation zum Homogenisiren des Thones Anwendung findet, construirt, oder es sind Göpel mit Wagenrädern oder mit Kratzen, die in einem kreisrunden Troge laufen.

Eine seit Langem benützte, vom französischen Architekten Roger construirte Mörtelmühle ist ein richtiger Thonschneider, eine hölzerne Tonne, in welcher eine verticale Welle rotirt, die ebenso wie die innere Tonnenwandung mit Rühreisen und unten mit einer sternförmigen Scheibe armirt ist. Die Welle wird nach Eingabe der Mörtelmaterialien durch Pferde- oder Maschinenkraft gedreht, der durchmischte Mörtel gelangt auf die untere Scheibe, um von derselben gegen die gußeiserne Bodenplatte der Tonne gedrückt zu werden und dann in den Abzugskasten zu kommen. Diese Maschine erfordert nur einen Arbeiter, der die abgemessenen Materialien in bestimmter Reihenfolge eingiebt und den producirten Mörtel unten auf die Mörtelbank zieht.

Die Kosten dieser Maschine, einschließlich Gestell, Zubehör und Transmission, belaufen sich auf circa 560 Mark.

Die Maschine producirt wesentlich billiger als die Handarbeit, ein Arbeiter leistet so viel als acht Arbeiter mit Handarbeit, die Mörtelqualität ist dauernd gleichförmiger und besser.

Aehnlich den liegenden Thonschneidern sind die von

Schlickeysen construirten Mörtelmaschinen verschiedener Größe, für Hand-, Pferde- und Dampfbetrieb.

Andere sehr verbreitete Mörtelmaschinen bestehen aus einem aus Ziegelsteinen aufgemauerten ringförmigen Canal, der in der Sohle etwas schmäler als oben und in hydraulischem Mörtel ausgeführt ist. *) In diesem Canale laufen Räder und eiserne Kratzen, die an horizontalem, durch eine verticale Welle bewegtem Balken sitzen und die Massen durcheinander mischen. Im Boden des Canales befindet sich an einer Stelle eine hölzerne Klappe, durch welche die fertig geknetete Masse nach einem vertieft liegenden Gange abgelassen werden kann. Durch eine trichterartige Oeffnung im Fundament-Mauerwerke fällt der zubereitete Mörtel direct in die darunter geschobenen Handkarren, um nach dem Bauplatze transportirt zu werden.

Wie gesagt, steht im Centrum des ringförmigen Canales eine verticale Welle, die mittelst eines Pferdegöpels drehbar ist; an dieser Welle sitzt ein achtstrahliges Kreuz in horizontaler Lage, dessen Strahlen nach unten gehende Arme tragen, welche an ihrem Ende mit Eisen in Gestalt von Pflugscharen, ebenso mit Kratzeisen und um Achsen drehbare Wagenräder und Blechtafeln armirt sind, so daß sie über die Breite des Canales wirken können und die eingeworfenen Materialien nicht nur mischen, sondern auch nach dem Abzugscanal befördern.

Die Leistungen dieser und ähnlicher Maschinen sind billig und sehr vollkommen, nur bleibt bei manchen derselben zu wünschen, daß sie mit Vorrichtungen versehen werden zur Ausscheidung und Aussiebung der im Sande sich vorfindenden kleinen Steine oder besser deren Zerkleinerung

*) Romberg's Zeitschr. 1870, S. 199.

ebenso, daß sie womöglich den Mörtel auf Entfernungen und Höhen befördern.

## 2. Erhärtung.

Die chemischen und physikalischen Processe, durch welche der Luftmörtel allmälig in die steinharte Masse übergeht, also das Erhärten desselben bewirkt wird, sind in der Neuzeit Gegenstand vieler Studien und Versuche gewesen. Durch diese Untersuchungen wurde erwiesen:

1. Daß die Erhärtung an kein bestimmtes Verhältniß von Kalk und Sand gebunden ist;

2. daß dabei unter Vermittelung des Wassers Aufnahme von Kohlensäure stattfindet, welche oft so groß ist, daß dadurch neutraler kohlensaurer Kalk gebildet wird (Bauer, Wallace, A. Vogel), oft auch so gering, daß 20, ja 70 Percent Kohlensäure zur Bildung neutraler Kalksalze fehlen (Schrötter und Latzko);

3. daß dabei lösliche Kieselsäure gebildet wird, deren Menge mit dem Alter zunimmt, und zwar in umgekehrtem Verhältniß mit der Kohlensäure;

4. daß Mörtel auch mit Kalksand, zerriebener Kreide ꝛc. ebenso gut erhärten, mithin die Kieselsäure nur eine untergeordnete Rolle spielen kann.

5. daß neben den chemischen Processen auch mechanische die Erhärtung unterstützen.

Man hat sich also die Erhärtung so zu denken, daß zunächst der Kalkmörtel, indem sich das Wasser verflüchtigt, trocknet und an Volumen verliert, an Consistenz gewinnt. Die Kalkhydrat-Theilchen nehmen nun aus der Luft Kohlen-

säure auf, wobei der Mörtel bindet, indem der die Sandkörner einhüllende Kalkbrei durch seinen Uebergang in kohlensauren Kalk dieselben zusammenkittet. Je langsamer die Verdunstung des Wassers erfolgt, je länger also Feuchtigkeit vorhanden bleibt, desto inniger die Verkittung. Ist so äußerlich ein Häutchen von kohlensaurem Kalk gebildet, so kann sich die Kohlensäuerung nach dem Innern zu nur langsam und in langen Zeiträumen vollziehen. Diese Decke schützt, indem sie dicker und dicker wird, die darunter liegende Kalkschicht vor dem Auswaschen durch wässerige Niederschläge. Der Sand verhält sich zunächst vollständig indifferent, nur insoweit wirkt er mit, als er eine zu bedeutende Volumenabnahme, die beim Kalk allein statthaben und denselben rissig machen würde, verhindert, andererseits aber bei der statthabenden Verdichtung nur um so fester von der Kalkmasse umschlossen und zusammengehalten wird.

*Die Härte des Luftmörtels wird also vorzugsweise hervorgebracht durch die allmälige Austrocknung und Kohlensäuerung oder Carbonisation des Kalkes*, und hierdurch unterscheidet er sich ganz bestimmt vom *Wassermörtel*, bei welchem im Wasser und unter Mithilfe des Wassers, *im Wasser unlösliche Kieselsäure-Verbindungen* entstehen. Bringt man frischen Luftmörtel in Wasser, so wird einfach das Kalkhydrat ausgewaschen; er ist somit hierin als Kitt unbrauchbar.

Hierin der durchgreifende Unterschied der Mörtelarten, jedoch muß hervorgehoben werden, daß es eine Anzahl Mörtel giebt, wo die Processe nicht so scharf hervortreten, die also zwischen beiden stehen, sich bald dem einen, bald dem andern nähern.

Wenn dies zunächst betont wird, so steht dies nicht

im Widerspruch mit der oben unter 3 genannten Thatsache, wie sich später ergeben wird.

Als J. N. v. Fuchs den Gründen der Erhärtung des Mörtels nachforschte, erkannte er bald die bedeutende Rolle, welche die Kohlensäure dabei spiele. Insbesondere interessirte ihn die Frage, auf die ihn seine Untersuchungen führten: ob die Ursache der Erhärtung in einer eigenthümlichen, an der Luft gebildeten Verbindung von basisch kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$, $CaOH_2$) zu suchen sei?

Um das Jahr 1813 bemerkte nämlich Vicat *) beim Brennen von Kalksteinen, welche einen fetten Kalk liefern, daß einige Stücke des gebrannten Kalksteines bei ihrer Begießung mit Wasser nicht gleich dem fetten Kalke gelöscht wurden, und daß sie, mechanisch zu einem Pulver zerrieben, mit Wasser angemacht, einen im Wasser erhärtenden Mörtel liefern, ähnlich den Mörteln aus hydraulischem Kalk. Indem Vicat diese Erscheinung näher untersuchte, fand er, daß eine derartige Eigenschaft die bei geringerem Luftzutritt und unter Anwesenheit von zu viel Kohlen schwach gebrannte Kalksteinstücke besaßen.

Zehn Jahre darauf veröffentlichte er **) neue Beobachtungen, welche er zufällig beim Brennen von Kreide auf einem rothglühenden Eisenblech gemacht hatte. Es ergab sich, daß schwach gebrannte Kreide, aus welcher noch nicht alle Kohlensäure abgeschieden war, bei Bereitung eines Mörtels aus derselben, im Wasser hart wurde. Da solche schwachgebrannte Kreide eine Mischung

*) Die hier gegebene historische Uebersicht ist nach der Arbeit Schulatschenko's: Ueber den basisch kohlensauren Kalk in den hydraulischen Cementen. Dingler's Journ. 1872, S. 205 u. 235.

**) Annales de chimie et de physique. 1823, S. 464.

von Aetzkalk und kohlensaurem Kalk vorstellte, so glaubte Vicat, daß ein einfaches Zumengen von Kreide oder reinem kohlensauren Kalk zu ungelöschtem Aetzkalk einen Stoff bilden könne, der, zu einem Mörtel angerührt, hydraulische Eigenschaften haben werde. Er mengte daher der Kreide Aetzkalk in den verschiedensten Verhältnissen bei, erreichte jedoch keinen Erfolg. Diese Mischung zeigte keinerlei hydraulische Eigenschaft.

In demselben Jahre, einige Monate später, wurden die Resultate publicirt, welche der französische Ingenieur Minard erhalten hatte, als er in verschiedener Weise Kalksteine brannte. Minard gab an, daß alle Kalksteine, nicht blos die thonhaltigen, sondern auch die reinen, zur Darstellung von hydraulischen Cementen tauglich seien, welche an Güte englischem Romancemente nicht nachstehen, falls nur dieselben nicht vollständig gebrannt wurden. Minard nahm an, daß bei unvollständigem Brande sich basisch kohlensaurer Kalk $CaO\ CO_2$, $CaO$ bilde, welcher die Fähigkeit besitzt, bei seiner Verwandlung in Hydrat $CaO\ CO_2$, $CaO\ HO$, im Wasser zu erhärten. Hiernach sollte man meinen, daß die Frage bezüglich hydraulischer Cemente sich sehr einfach lösen lasse: man nehme irgend einen Kalkstein, brenne ihn unvollständig und der Cement ist fertig. Aber schon im nächsten Jahre schreibt Vicat, welcher nach derselben Richtung hin Untersuchungen anstellte, in Erwiderung auf die Behauptung Minard's: »Meine Forschungen haben durchaus nicht die von Minard veröffentlichten Resultate bestätigt. Ich fürchte, glauben zu müssen, daß aus einem nur mäßig gebrannten Kalksteine niemals, ich sage nicht, ein guter, sondern nicht einmal ein mittelmäßiger Cement erhalten werden kann.« *)

*) Annales de chimie et de physique. XXV, S. 63.

Berthier bestritt gleichfalls die hydraulischen Eigenschaften des basisch kohlensauren Kalkes, indem er behauptete, daß, wenn bei unvollständigem Brennen des Kalksteines auch wirklich eine dem basisch kohlensauren Kalk ähnliche Verbindung sich bilden könne, dieselbe bei dem Anrühren mit Wasser in Kalkhydrat und kohlensauren Kalk zerfallen müßte.

J. N. v. Fuchs *) brannte Kreide zwischen glühenden Kohlen und fand, daß der Kalkstein hierbei eine gewisse Quantität Kohlensäure zurückbehält, welche annähernd derjenigen Menge derselben entspricht, bei welcher sich basisch kohlensaurer Kalk bildet. Indem v. Fuchs bereits vollständig gebrannten Kalk zwischen glühende Kohlen that, bemerkte er, daß derselbe eine ebensolche Quantität Kohlensäure aufnimmt, wie im ersten Falle bei unvollständigem Brande des Kalksteines ausgeschieden wurde; so daß bei unvollständigem Brande des Kalksteines oder bei Sättigung vollständig gebrannten mit Kohlensäure, derselbe das Bestreben zeigt, eine solche Quantität Kohlensäure auszuscheiden oder aufzunehmen, daß als Resultat basisch kohlensaurer Kalk erhalten wird. In beiden Fällen wird der Kalkstein, sowohl der unvollständig gebrannte, welcher noch bedeutende Mengen Kohlensäure in sich enthält, als auch derjenige, welcher später Kohlensäure in sich aufgenommen hat, bei seiner Sättigung mit Wasser nicht gelöscht und giebt zu einem Pulver zerrieben und mit Wasser angerichtet, einen Mörtel, welcher in höherem oder geringerem Grade die Fähigkeit besitzt, im Wasser zu erhärten.

*) J. N. v. Fuchs, Gesammelte Schriften, München 1856, S. 97 und 162.

Im Jahre 1828 wurden beim Bau des Bourgogner Canales von dem Ingenieur Lacordère Mörtel angewandt, welcher aus thonhaltigen, schwach gebrannten Kalksteinen bereitet wurde. Er brannte dieselben drei Tage anstatt acht, wobei er hauptsächlich im Auge hatte, Kosten für Brennmaterial zu sparen. Die in dieser Weise erhaltenen Mörtel erhärteten sehr gut im Wasser, wenn auch keinerlei Auskünfte vorliegen, in welchem Grade sie besser wie aus völlig gebrannten Kalksteinen bereitete Mörtel gewesen sind, und ob man sich nicht blos mit den Eigenschaften des Mörtels begnügte, um nur Ausgaben für Brennmaterial zu sparen. *) Mit Ausnahme des hier angeführten Falles erzielten die durch Minard veröffentlichten Resultate während längerer Zeit keinerlei praktische Anwendung, bis endlich Villeneuve **) sich an die Bereitung hydraulischen Mörtels aus unvollständig gebrannten Kalksteinen in großem Maßstabe machte. Er brannte 7 bis 10 Percent Thon enthaltende Kalksteine nicht vollständig, löschte sie, indem er sie mit Wasser besprengte, und suchte nach Verlauf von zwei bis drei Tagen, während welchen sie sich in freier Luft befanden, diejenigen Stücke heraus, welche nicht gelöscht waren, vermahlte sie und benützte sie als Cement. Die hydraulischen Eigenschaften dieses Cementes schrieb Villeneuve der Anwesenheit von Kohlensäure in den unvollständig gebrannten Stücken zu. Gleichwie Minard und Vicat, so nahm auch er an, daß sich hierbei basisch kohlensaurer Kalk bilde.

Um dieselbe Zeit nahm man bedeutende Beschädigungen an den Wasserbauten in Cette und Marseille wahr,

*) Petot, Études sur la chaufournerie.

**) Vergl. Compt. rend. XXXI. S. 55. Liebig und Kopp. Jahres-Ber. 1850, S. 640.

deren Ursachen in der schlechten Beschaffenheit des hydraulischen Mörtels aus thonhaltigen Kalksteinen lagen. Aus diesem Anlaß schlug Minard *) von neuem vor, Untersuchungen über unvollständig gebrannte Kalksteine anzustellen, indem er annahm, daß Cemente, welche aus solchen Kalksteinen bereitet sind, ausgezeichnet der Wirkung des Meerwassers Widerstand leisten müßten.

Rivot und Chatoney jedoch, welche sich mit umfassenden Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit der Mörtel gegen den Einfluß von Seewasser beschäftigten und die Resultate derselben in der schätzbaren Schrift: »Les materiaux employés dans les constructions à la mer« im Jahre 1856 veröffentlichten, bestritten sogar die Existenz des basisch kohlensauren Kalkes. **)

»Es ist in letzter Zeit viel von den hydraulischen Eigenschaften des basisch kohlensauren Kalkes die Rede gewesen. Man hat auf viele Bauten hingewiesen, welche im Meere, unter Anwendung eines Mörtels aus unvollständig gebranntem, noch viel Kohlensäure enthaltendem Kalk hergestellt waren und im Laufe vieler Jahre sich wohl erhalten hatten. Man schrieb den Erhärtungsproceß der Hydratisation des basisch kohlensauren Kalkes zu — einer Verbindung, deren Existenz die Chemie nicht kennt. Es ist uns keine einzige, einigermaßen gut untersuchte Thatsache bekannt, welche uns nöthigen könnte, die Existenz einer solchen Verbindung vorauszusetzen, und wir glauben, daß die Erhärtung der Mörtel in diesem Falle genügend erklärt werde durch folgende Erwägungen: Die benützten Kalksteine konnten in geringem Verhältniß Thon und Kieselerde in Form von

*) Annales de chimie et de physique. 1853, S. 198.

**) Rivot et Chatoney, Considerations générales de la composition de mortiers. Paris 1856, S. 45.

feinem Quarzsand enthalten. Bei unvollständigem Brande verliert der Kalk nur einen Theil seiner Kohlensäure und verbindet sich mit Kieselerde und Thonerde, wobei er ein Kalksilicat und Alumnat bildet. Der in solcher Weise gebrannte Kalkstein enthält folglich Kalksilicat und Alumnat, eine unbedeutende Menge Aetzkalk und kohlensauren Kalk. Der unvollständige Brand war daher die Hauptbedingung der Hydraulicität des Kalksteines, denn er beließ den größeren Theil des Kalkes in Verbindung mit Kohlensäure und stellte das erforderliche Verhältniß zwischen dem geringern Quantum an Thon und dem in geringer Menge sich bildenden Aetzkalk her; ein solcher Kalkstein stellt nach dem unvollständigen Brennen somit ein Gemisch von freiem kieselsauren Kalk und hydraulischem Kalk dar; ein derartiges Gemisch kann aber unter günstigen Bedingungen unter Wasser erhärten. Diese Erklärung,« fährt Rivot fort, »könnte nur durch genaue Analysen unvollständig gebrannter Kalksteine widerlegt werden, falls durch dieselben die vollständige Abwesenheit von Kieselerde dargethan wurde, und selbst in diesem Falle wird man dem basisch kohlensauren Kalk keine hydraulischen Eigenschaften zuschreiben können.«

Es wurden eine Reihe Untersuchungen unternommen, um die Existenz dieses basisch kohlensauren Kalkes in älteren und neueren Mörteln nachzuweisen oder zu verneinen.

W. Wallace*) konnte in antiken, 1600 bis 3000 Jahre alten Mörteln keinen basisch kohlensauren Kalk auffinden. Ihre Zusammensetzung war eine äußerst verschiedene. So enthielt ein solcher von der Cheops-Pyramide 81·5 bis 82·9 Percent wasserhaltigen schwefel-

*) Knapp, Luftmörtel in Hofmann's: Bericht über die Entwickelung der chem. Industrie. S. 581.

sauren Kalk, andere enthielten kohlensauren Kalk, z. B. ein solcher eines Tempels in Pentelikon gegen 87 Percent. Der härteste und beste von allen stammte aus einer Tempelruine von Larnaca auf Cypern und enthielt 47 Percent, ein anderer aus einer thönernen Wasserleitung enthielt 92 Percent, ein altgriechischer Mörtel von der Puyx 82 Percent. Die altrömischen Mörtel zeigten in ihrem Gehalt an kohlensaurem Kalk große Verschiedenheiten: ein solcher von der Villa Hadrians bei Tivoli enthielt 27 Percent, von den latinischen Gräbern bei Rom 32 Percent, aus einer Mosaik der Caracalla-Bäder gegen 43 Percent. Fast alle der genannten Mörtel enthielten etwas lösliche Kieselerde.

Zur Entscheidung kam die Frage endlich in neuerer Zeit durch die Untersuchungen Schulatschenko's *) welche bezweckten, verschiedene Wege der Darstellung des basisch kohlensauren Kalkes zu versuchen und dann die etwa erhaltene Verbindung auf ihre Eigenschaften zu prüfen, alle seine Versuche ergaben aber nur negative Resultate. Da nun nach Schulatschenko:

1. Die Versuche von Vicat, Minard und Roché nicht derart genau und ausführlich sind, wie sie zur Anerkennung der einen oder der anderen Verbindung in der Chemie nothwendig;

2. da die Existenz von basisch kohlensaurem Kalk nicht dem Charakter des Kalkes entspricht, welcher mit zweibasischen Säuren keine basischen Salze bildet;

3. da viele Chemiker wie Rivot, Berthier u. A., die Existenz von basisch kohlensaurem Kalke leugnen, so muß man mit Rücksicht auf seine Versuche zu dem Resultate kommen: daß kein basisch kohlensaurer Kalk als chemische

*) Dingler's Journ. 1872, S. 205 u. 335.

Verbindung bei unvollständigem Brande von Kalksteinen sich bildet.

Wie die oben bereits angedeuteten einzelnen Phasen der Erhärtung des Luftmörtels verlaufen, suchte Wolters*) durch eine Reihe von Versuchen darzuthun, welche sich über das Anziehen, die Kohlensäuerung ꝛc. verbreiten und ein gutes Bild der in Betracht kommenden Vorgänge gewähren. Wolters stellte seinen zu untersuchenden Mörtel dar aus

1 Gewichtstheil gebranntem Kalk,
3 » Wasser,
6 » trockenem Sand,

einem Gemenge, welches der Praxis, wo man 1 Volumen eingesumpften breiigen, gelöschten Kalk (mit etwa 70 Percent Wasser) und 2 Volumen Sand nebst 3 bis 5 Pfund Wasser auf den Kubikfuß anwendet, sehr nahe kommt.

Wolters unterscheidet

## I. Das Anziehen oder Abbinden des Luftmörtels.

Wurde Mörtel in eine Glasröhre eingeschmolzen, so blieb derselbe auch noch nach längerer Zeit unverändert: er zog nicht an; dies geschah jedoch im luftleeren Raume oder in kohlensäurefreier Luft, woraus folgt, daß das Anziehen eine Folge des Austrocknens, des langsamen Wasserverlustes ist, wodurch die feinen Kalktheilchen einander näher rücken. **)

Diese Adhäsion wird selbst durch Zugabe der sechsfachen Sandmenge nicht aufgehoben. Bei Gebrauch des Mörtels wird das Wasser durch den Stein noch rascher

*) Dingler's Journ. 1870, S. 343.
**) Jahrb. d. Baugew. 1870, S. 197.

entzogen, das Anziehen erfolgt schneller; gelöschter Kalk ohne Sand zeigt dasselbe; Mörtel, den man jedoch durch Zusammenreiben von trockenem gebrannten Kalk mit Sand und nachträglichem Wasserzusatz darstellte, zeigt gar keinen Zusammenhang und ist als solcher unbrauchbar.

### II. Verhalten zu Kohlensäure.

Wolters stellte nun eine Reihe Versuche an, um die Menge Kohlensäure zu ermitteln, die ein gewisses Quantum von frischem Mörtel in bestimmter Zeit aufzunehmen vermöge, woraus sich ergab, daß die Aufnahme von Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft weit bedeutender war als in reiner Kohlensäure, daß ferner frischer Mörtel fast gar keine Kohlensäure absorbirt und dasselbe auch stattfindet, wenn man bloßen Kalkbrei ohne Sand anwendet.

Es findet also die Aufnahme der Kohlensäure durch den Mörtel auch im Zustande des Trocknens statt.

Ein Mörtel, der »angezogen« hatte, so daß er etwa noch drei Fünftel des anfänglichen Wassers besaß, hatte in gleichen Zeiträumen etwa viermal so viel Kohlensäure absorbirt, jedoch nur dann, wenn er weiter austrocknen konnte. Wurde ihm letzteres nicht gestattet, so verhielt er sich wie frischer Mörtel.

Scharf ausgetrockneter frischer Mörtel, mit Wasser getränkt bis zur Sättigung (90 Theile Wasser auf 10 Theile Kalk), zeigte in der Luft dasselbe Verhalten wie frischer Mörtel, nahm aber in reinem Kohlensäuregase dasselbe kräftiger auf; scharf getrockneter Mörtel, in atmosphärische Luft oder ungetrocknete Kohlensäure gebracht, nahm die Kohlensäure sehr rasch auf, damit aber auch gleichzeitig

Wasser. Kalkbrei zeigte unter gleichen Verhältnissen ein ganz ähnliches Verhalten.

Aus diesen Versuchen zieht Verfasser folgende Schlüsse:

Frisch angemachter Mörtel nimmt bei vollem Wassergehalt nur Spuren von Kohlensäure auf (nicht über $^1/_3$ Percent); die Aufnahme findet erst statt, wenn der Mörtel trocknet; sie erfolgt langsam, wenn er langsam trocknet, sie erfolgt rasch (an der Luft), wenn er rasch trocknet. Auch angezogener Mörtel (mit $^5/_9$ Percent des anfänglichen Wassergehaltes) zeigt gleiches Verhalten, obwohl die Aufnahme im Anfange etwas stärker erfolgt. Die Aufnahme der Kohlensäure geschieht nie schneller, als die allmälige Wasser-Verdunstung stattfindet. Die Aufnahme der Kohlensäure durch den Mörtel wird also wesentlich durch dessen Wassergehalt bestimmt; die Menge der Kohlensäure in der umgebenden Atmosphäre hat nur untergeordneten Einfluß. Ein Brei von gelöschtem Kalk ohne Sand zeigt dasselbe Verhalten.

Bedenkt man, daß Kalkwasser die Kohlensäure rasch und kräftig anzieht, so erscheint es befremdlich, daß ein Gemenge von Sand, Kalkhydrat und Wasser sich anders verhält; die Ursache scheint darin zu liegen, daß »Kohlensäure in dem breiigen Mörtel nicht so beweglich ist«. Die Haut von kohlensaurem Kalk, mit welcher sich frisch bereiteter Kalk sogleich überzieht, schützt das darunter liegende vor weiterer Kohlensäure-Aufnahme, während der auf der Oberfläche des Kalkwassers entstandene Niederschlag von kohlensaurem Kalk fortwährend untersinkt und die Kohlensäure neue Angriffspunkte erhält.

Verfasser glaubt sich berechtigt, anzunehmen, daß das Kalkhydrat keine gasförmige, sondern nur in Wasser gelöste Kohlensäure aufnimmt; damit stimmt überein, daß das Wasser nicht als Dampf, sondern nur als flüssiges einwirkt.

Die Kohlensäure-Absorption hängt ab von der Wassermenge, weil nur bei geringer Menge von ungebundenem Wasser zwischen den Kalktheilchen mehr Angriffspunkte für die Kohlensäure bleiben. Die Aufnahme erfolgt dann mit größter Energie, wenn der Wassergehalt 1 Percent des Mörtels oder noch weniger, etwa $^2/_3$ Percent.

### III. Schlußfolgerungen über das Erhärten des Mörtels.

Dieselben sind aus vorstehenden Beobachtungen leicht ersichtlich. Anfangs findet nur Trocknung des Mörtels statt; dieselbe schreitet fort, die Kalktheilchen rücken einander näher, die Adhäsion tritt in Wirksamkeit, die Theilchen haften, der Mörtel hat angezogen. Von nun an beginnt die Aufnahme der Kohlensäure, die vorher nur oberflächlich stattfand, stärker und eindringlicher zu werden, mit ihr mehrt sich die Festigkeit und Härte (Ritzbarkeit). Beim letzten Stadium, der steinigen Erhärtung, tritt die eigentliche Kohlensäuerung ein, die durch Adhäsion aneinander gelagerten Kalkhydrattheilchen werden zu einer einzigen Masse von kohlensaurem Kalk verschmolzen.

Hier wirkt dann die Adhäsion zwischen kohlensaurem Kalk, Sand und Mauersteinen kräftig mit. Das Anziehen des Mörtels ist unerläßliche Vorbedingung für das Erhärten zu Stein, damit die Kalktheilchen erst einander nahe gebracht und durch den entstehenden kohlensauren Kalk verkittet werden; der Druck des Mauerwerkes auf die Kalkschichten wirkt für die Näherung, mithin auch für die Erhärtung günstig.

Die Versteinerung des Mörtels beruht also in ihrer ersten Phase

auf dem mechanischen Vorgange der

Erhärtung, welcher die Kalktheilchen in unmittelbare Berührung bringt;

in ihrer zweiten Phase

auf dem chemischen Processe der Kohlensäuerung, welcher die nahegebrachten Theilchen zu einem Ganzen verkittet.

Nicht minder spielt die Zeit bei der Erhärtung eine Rolle. Die Kohlensäuerung vollzieht sich nur allmälig und langsam; nach Jahrhunderten zeigt sich Mörtel im Innern der Mauern noch stark caustisch. Hat die Kohlensäure an irgend einer Stelle weniger Zutritt, so bleibt auch die Erhärtung in auffallender Weise zurück. Endlich gesellt sich hierzu noch ein secundärer ergänzender Proceß, eine schwache Aufschließung des Quarzsandes unter Bildung von Silicaten.

Diese Silificirung tritt ein durch die den Sand begleitenden feldspathigen Gesteine, Verbindungen von kieselsaurem Thonerde-Alkali; ebenso durch Einfluß feldspathhaltiger Bausteine auf den Kalk. Der Aetzkalk wirkt bei Gegenwart von Wasser aufschließend auf diese Silicate unter Abscheidung von Alkalien und Thonerde. Die sich lösenden Aetzalkalien wirken nun auf die Kieselsäure, führen diese in lösliche Kieselsäure über, und diese, sowie die abgeschiedene Thonerde und der noch vorhandene Aetzkalk bilden Kalk-Thonerde-Silicate, die erhärten und die Mörteltheilchen fest verkitten. Diese Silicatbildung dauert so lange fort, als der Mörtel Feuchtigkeit und freien Aetzkalk enthält, bis dahin steigert sich auch die Festigkeit desselben, der Mörtel ist, wie man sagt, thätig. Hört die Silificirung auf, so ist der Mörtel todt.

Auf die von Wolters zuletzt hervorgehobene, von uns früher angedeutete Silificirung war bereits von ver-

schiedener Seite aufmerksam gemacht worden. Allerdings hatte man auf Grund der in alten Mörteln nachgewiesenen Mengen kieselsauren Kalkes angenommen, daß der Aetzkalk im Stande sei, Quarzsand in die lösliche Form überzuführen und damit kieselsauren Kalk zu bilden. Erst später erkannte man, daß solche Kieselsäure-Verbindungen stets nur dann entstehen, wenn der Sand Geschiebereste feldspathiger Mineralien, oder wenn die Bausteine, mit welchen der Mörtel in Berührung kam, solche enthalte. Diese Doppelverbindungen (kieselsaure Thonerde, kieselsaure Alkalien) werden dann von dem Aetzkalk in oben angegebener Weise aufgeschlossen und erst die sich ausscheidenden Aetzalkalien lösen einen Theil der Kieselsäure des Quarzsandes, welche nun mit Aetzkalk und Thonerde ein Kalk-Thonerde-Silicat bildet, was die in unmittelbarer Nähe befindlichen Mörtelkitte ungemein fest aneinander kittet.

Schon 1861 publicirte Ziurek*) die Resultate einer Anzahl Versuche, aus welchen ersichtlich, daß man zweierlei Luftmörtel zu unterscheiden habe, nämlich:

1. Aus denselben Mörtelsubstanzen können je nach ihrer verschiedenen technischen Handhabung und Verwendung und unter verschiedenen atmosphärischen Einflüssen Mörtel mit bloßem Kalkbindemittel und Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalkbindemitteln entstehen.

2. Die Mörtel mit bloßem Kalkbindemittel sind weniger fest und widerstandsfähig als solche mit Thon-Kiesel-Kalkbindemittel

*) Berliner Bauzeitung 1861, S. 55, 59. Jahrb. d. Baugew. 1870, S. 199.

und für unvollkommene, unter ungünstigen Verhältnissen entstandene zu halten.

3. Nur Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalkbindemittel sind als vollkommene zu betrachten und auf ihre Bildung ist bei Mörtelbereitung hinzuarbeiten.

Aus diesen Thatsachen erklärt es sich, weswegen es vortheilhaft und in der Praxis auch gebräuchlich ist, den Luftmörtel mit Cementen zu vermischen, um ihm zu dieser normalen Erhärtung zu verhelfen. Bei dem Bau des Börsengebäudes in Berlin hat man mit dem besten Erfolge einen Mörtel angewandt, welcher auf 4 Tonnen gebrannten Kalk 1 Tonne Portland-Cement enthielt. Der Kalkmörtel und der Cementmörtel werden beide für sich dargestellt und dann in diesem Verhältniß gemischt. Bei den Eisenbahn- und Tunnelbauten der Strecke Köln-Bingen gebrauchte man einen Mörtel, welcher zusammengesetzt wurde

1. aus einem Luftmörtel, bestehend aus 1 Theil Kalk und 3 Theilen Sand,

2. aus einem Robin'schen Portland-Cement mit 3 Theilen Sand.

Nach Versuchen von Manger*) ergab sich das günstigste Resultat in Bezug auf Festigkeit und Zeit der Erhärtung, wenn er Kalkbrei mit Portland-Cement vermischte.

## 3. Werthbestimmung.

Aehnlich wie neuerlich von Vereinen und Cementfabrikanten Normen für die Werthbestimmung der Cemente

*) Berliner Bauzeitung 1859, S. 534. Gottgetreu: Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, S. 504, 505.

aufgestellt und angenommen worden sind, hat man auch solche für diejenige des Kalkes in Vorschlag gebracht.

F. Wagner*) wünscht zunächst eine gleiche Verkaufseinheit des Kalkes eingeführt, und zwar die nach Gewicht bei ungelöschter, nach Maß bei gelöschter Waare. Dann muß auf die Qualität gerücksichtigt werden. Allerdings seien hierzu noch eine Anzahl Versuche erforderlich, welche sich beziehen müßten:

1. Auf Untersuchung des Gehaltes an Kieselsäure, Thonerde und Magnesia.

2. Auf Ablöschung eines bestimmten Gewichtes Kalk zu Kalkbrei, Notirung des Quantums gebrauchten Löschwassers und Messung, nachdem der Kalk so weit trocken ist, daß sich Risse in demselben bilden, endlich Absiebung der nicht zerfallenen Kalksteine bei hydraulischem Kalk und Ermittelung des brauchbaren Kalkpulvers, sowie der unlöschbaren Rückstände nach Gewicht.

3. Anfertigung von Probekörpern bei verschiedenen Sandzusätzen (Cement-Normalsand) und Zerreißung, resp. Zerdrückung derselben nach verschiedenen Zeiträumen.

4. Zusammenstellung sämmtlicher Resultate.

Nach Stingl**) hängt die Güte eines Kalkes für die Mörtel-Fabrikation in letzter Instanz von der Menge Wasser ab, die das Calciumoxydhydrat zu binden vermag, was bedingt, daß die Dichte eines Kalkbreies um so kleiner ist, je mehr Wasser er führt und je besser der Kalk ist.

Wenn man daher ermittelt, wie viel Gewichtstheile Wasser ein bestimmtes Quantum gebrannter Kalk, dessen Dichte im Allgemeinen

*) Thonind.-Ztg. 1877, S. 295.

**) Oest.-ung. Thonwaar.-Techn. 1869, Nr. 6, 9, 10.

zu 2·2896 oder rund zu 2·3 genommen werden kann, aufzunehmen vermag, um einen dünnen Kalkbrei bestimmter Consistenz oder Dichte zu bilden, so läßt sich aus den erhaltenen Daten die Volumenvergrößerung des betreffenden gebrannten Kalkes berechnen. Der sehr unbestimmte Ausdruck »Gedeihen« läßt sich dann in einen bestimmten Zahlenwerth umsetzen.

Für die Dichtenbestimmung schlägt Stingl folgende von ihm mehrfach probirte Methode vor:

Auf den Rand eines Becherglases von circa $^1/_4$ Liter Inhalt wird ein aus flachen, dünnen Holzstäbchen geformtes Kreuz aufgepaßt, in welchem ein in eine Spitze geformter Draht von etwa 50 Millimeter Länge derart befestigt ist, daß die Spitze senkrecht nach abwärts steht. Diese Spitze dient als Marke und bezeichnet die Höhe der Wasser-, resp. Kalkbrei-Oberfläche. Das Kreuz sammt der Spitze kann vom Rande des Becherglases abgehoben werden.

Mit Hilfe dieses Apparates verfährt man bei der Dichtenbestimmung folgendermaßen:

Man wiegt das reine getrocknete Becherglas sammt Kreuz und einem dünnen Glasstabe. Das Gewicht sei a. Hierauf füllt man das Becherglas mit reinem Wasser, indem man dasselbe, um das Spritzen zu verhindern, an dem Glasstabe herabgießt und diesen anfangs mit dem unteren Ende an die Wand des Becherglases legt. Man füllt nun so viel Wasser hinein, bis die Oberfläche desselben genau die Drahtspitze berührt. Hierauf wiegt man das mit Wasser gefüllte Becherglas. Dies Gewicht sei b.

b—a=w ist das Gewicht eines bestimmten Volumens Wasser. Hierauf entleert man das Becherglas, trocknet dasselbe vollständig, ebenso den Glasstab und füllt nun mit

Hilfe des Glasstabes den dünnen Kalkbrei in das Becherglas, wobei man vorsichtig den Kalkbrei allmälig in dasselbe bringt und jedesmal gegen eine weiche Unterlage sanft nach abwärts bewegt, um die Horizontalstellung der Oberfläche zu bewerkstelligen und zu verhindern, daß Luftblasen sich in dem Kalkbrei fangen.

Man fährt nun auf diese Art mit dem Füllen so lange fort, bis die horizontale Oberfläche genau wie früher zur Drahtspitze reicht. Dann wiegt man das Becherglas sammt Kalkbrei. Das Gewicht sei c.

$c - a = k$ ist das Gewicht des Kalkbreies, der dasselbe Volumen erfüllt, welches das Wasser einnimmt, dessen Gewicht w war.

$\frac{k}{w} = d$ ist nun die Dichte des Kalkbreies. Da man hierbei mit größeren Mengen, gegen 200 Kubikcentimeter arbeitet, so fallen diese Zahlen sehr genau aus. Hat man gleichzeitig das Gesammtgewicht bestimmt, welches der gebrannte Kalk und das zur Bildung des Kalkbreies nothwendige Wasser besitzen — es sei P — so ist $\frac{P}{d} = V$ das Volumen des Kalkbreies, welches ein bestimmtes Quantum gebrannten Kalkes liefert.

Mit Hilfe dieser Daten kann die Güte jedes Kalkes rasch und im vorhinein genau bestimmt werden und sie gewähren einen genauen Einblick in die Natur des gebrannten Kalkes.

## 4. Festigkeit.

Was die Festigkeit verschiedener Luftmörtelarten anbetrifft, so liegen darüber Untersuchungen von Rondelet, Ziurek u. A. vor.

Nach Rondelet ergiebt sich die Druckfestigkeit gut erhärteten Mörtels auf 25 Quadratcentimeter Fläche:

Bei Kalkmörtel mit Flußsand, spec. Gewicht 1·63 767 Kilogramm;

bei Kalkmörtel mit Flußsand, spec. Gewicht 1·89 1048 Kilogramm;

bei Kalkmörtel mit Grubensand bereitet, spec. Gewicht 1·59, 1017 Kilogramm;

bei Kalkmörtel mit Grubensand bereitet, spec. Gewicht 1·9, 1406 Kilogramm.

Die Stärke, mit welcher der erhärtete Mörtel an Bruch- und Ziegelsteinen anhaftet, ist sehr bedeutend und übersteigt die Cohäsion seiner eigenen Theilchen.

Die Resultate Ziurek's über die Druckfestigkeit verschiedener Mörtelsorten finden sich in folgender Tabelle zusammengestellt.

| Mörtelart | Alter | Wurde zerdrückt durch sein |
|---|---|---|
| Erhärterter Kalkbrei | frisch bereitet und getrocknet | 3800fach. Gew. |
| erhärterter Brei, gleiche Theile Lehm und Sand | desgl. | 4400 » » |
| Kalkmört. 1 Vol. Kalkbrei, 3 » rein. Sand | frisch bereitet, langsamgetrocknet | 12.400 » » |
| Kalkmörtel einem Bau entnommen | 1jährig | 14700 » » |
| » | 100 » | 15.800 » » |
| » | 250 » | 27.580 » » |
| » | 300 » | 54.000 » » |
| Kalkmörtel aus dem Fundamente eines alten Rathhauses (Berlin) | 300 » | 67.000 » » |

| Mörtelart | Alter | Wurde zerdrückt durch sein |
|---|---|---|
| Mört. 1 Vol. Portl.-Cem.<br>15 » Sand<br>5 » Kalkbrei | 1 Monat alt an der Luft getrocknet | 27.150fach. Gew. |
| » 1 » Portl.-Cem.<br>12 » Sand<br>2 » Kalkbrei | detto | 28.300 » » |
| » 1 » Portl.-Cem.<br>» 15 » Sand<br>» 5 » Kalkbrei | detto | 23.300 » » |

Wie man sieht, zeigen die aus Cement und Kalkbrei erzeugten Mörtel, ebenso die alten, wo eine Silificirung eingetreten, bedeutend höhere Festigkeit.

## 5. Neuere Mörtelvorschriften.

Außer dem gewöhnlichen, zum Verbande der Mauersteine allgemein benützten Mörtel existiren eine Anzahl ältere und sind neuerlich eine große Zahl Vorschriften für Kalkmörtel publicirt worden, von denen hier nur einige kurz erwähnt sein mögen.

1. Mörtel von Loriot, nach Gilly hergestellt aus 2 Volumen eines Gemenges von feinem Sand und gelöschtem Kalk und 2 Volumen durchgesiebtem Ziegelmehl, wozu so viel ungelöschter Kalk zu setzen, bis gewöhnliche Mörtelconsistenz erreicht ist.

2. Mörtel von Artus. 1 Theil gut gelöschter Kalk mit 3 Theilen Sand sorgfältig vermischt, zu diesem Gemenge vor dem Gebrauche $^3/_4$ Theile ganz fein zertheilten, ungelöschten Kalk gegeben und gehörig durchgearbeitet.

3. Mörtel ohne Sand: 1 Gewichtstheil zu Pulver gelöschten Kalkes wird mit 2 Gewichtstheilen Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlenasche vermischt, mit Wasser zu einem Brei angerührt, dazu etwas Wasserglas in Wasser gesetzt und durchgerührt.

4. Ambroselli's Wandputz.*) Derselbe wurde 1874 von Ambroselli angegeben und dadurch eine bereits früher von dem preußischen Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes gestellte Preisaufgabe gelöst. Dieselbe hatte gefordert einen Mörtelputz für Ziegelmauern, der:

1. wetterbeständig sei, weder reiße noch abblättere, noch seine glatte Oberfläche verliere;

2. eine gleichmäßige und dauerhafte Färbung zulasse, entweder durchgängig oder oberflächlich weiß, 25 Millimeter tief;

3. billiger sei wie Stucco lustro.*)

Die folgende Schilderung des Verfahrens bezieht sich auf die schwierigste und complicirteste Anwendung desselben zur Herstellung von Façadengesimsen, welche Sandsteingesimse imitiren. Es ist erforderlich, daß die Vermauerung derselben dem Profile möglichst genau entspreche, damit der Putz nicht in zu großer und ungleicher Dicke aufgetragen zu werden braucht.

Der Mörtel Nr. 1 wird zusammengesetzt aus einem Dritttheil gut gelöschten Kalk, welcher mindestens 14 Tage vorher gelöscht sein muß, und zwei Dritttheilen des schärfsten Sandes. Nachdem die Masse auf das innigste durchrührt ist, setzt man ihr vor dem Bewurfe nach 0·25 ihres Volumens an unverdorbenem Portland-Cement zu. Der auf's neue bis zu einem innigen Gemisch durchrührte Mörtel wird

*) Dingl. Journ. Bd. 215, S. 565.

darauf im schlüpfrigen Zustande möglichst gleichmäßig angeworfen. Zur Vermeidung von Luftrissen dürfen die Mörtellagen nicht zu früh und nicht zu stark aufeinander folgen, es muß stets ein gewisser Grad der Erstarrung des Mörtels eingetreten sein.

Hat man durch mehrmaliges Antragen dieser groben Mörtelmasse die Form des Profils nahezu erreicht, so geht man zur Verwendung der (feineren) Masse Nr. 2 über. Dieselbe wird gemischt aus 2 Theilen Kalk und 2 Theilen feinerem Sand unter Zusatz von 0·12 Theilen Portland-Cement und von so viel der schon vorher aufgelösten und präparirten Farbe, daß der Mörtel nach inniger Durcheinanderrührung die Tönung zeigt, welche das Gesims im fertigen Zustande erhalten soll. Mit dieser, gleichfalls ziemlich schlüpfrig zu haltenden Masse wird man durch zwei Bewürfe das Profil schon in einer Weise hergestellt haben, welche für die meisten Fälle hinreicht.

Die für feinste Arbeit noch erforderliche Mörtelmasse Nr. 3 mischt man aus 1 Theil feinstem Sand, 1 Theil feingesiebtem Kalk, 0·05 Theil feingesiebtem Cement und so viel der vorher fertig gestellten, durch vorangegangene Proben ermittelten Farben, daß das Gesims im trockenen Zustande den gewünschten Ton zeigt. Die innigste Durcheinanderrührung ist selbstverständlich auch hierbei erforderlich. Durch zwei Bewürfe mit diesem Mörtel wird eine geschickte Hand das Gesims in größter Eleganz zur Vollendung bringen.

Eine Hauptbedingung bei Herstellung dieses Putzes ist es, die Arbeit, wenn möglich, in sich selbst begrenzende Tagewerke zu theilen, da jedes angefangene Stück noch an demselben Tage fertig zu stellen ist und ein Nachputzen auf keiner Stelle stattfinden darf. Ebenso muß das Zusammen-

putzen der Gesimse an den Ecken und in den Winkeln mi großer Geschicklichkeit vor sich gehen.

Als Grundbedingungen zur Herstellung seines Putzes bezeichnet Ambroselli (Deutsche Bauzeitung 1875): 1. Das Mauerwerk, auf welchem der Putz aufgetragen werden soll, muß aus festen, mergelfreien und gut gebrannten Ziegeln gefertigt und in seiner ganzen Stärke vollkommen ausgetrocknet sein; 2. der zur Verwendung kommende Kalk und Sand muß durch besondere Reinigung von allen fremden Bestandtheilen vollkommen befreit werden; 3. es müssen drei verschiedene Sorten von Mörtel Anwendung finden, zu deren Bereitung drei verschiedene Sandarten benützt werden; 4. das zu verputzende Mauerwerk muß vor dem Bewerfen mehrmals mit reinem Wasser (am besten mittelst einer Brause) stark angenetzt werden.

---

## V.

## Kalksandsteine.

Bereits im Jahre 1852 faßte der Dr. med. A. Bernhardi sen. in Eilenburg die Idee, die Uebelstände des Kalkpisébaues dadurch zu umgehen, daß er diese Pisémasse in Form gewöhnlicher Ziegel preßte. Die Uebelstände, welche dem Kalkpisébaue anhaften, sind, daß

1. bei Regenwetter die Arbeit eingestellt;

2. die Thür- und Fensterwände, sowie Bogen und Wölbungen von anderem Material beschafft werden müssen, und

3. Mauern von geringer Stärke überhaupt nicht auszuführen sind.

Mit einer eigens construirten Presse stellte Bernhardi bereits 1851 Piséesteine, die man jetzt gewöhnlich Kalkziegel nennt, in größerer Menge her, und die Fabrikation dieser Steine hat sich durch die Bemühungen Bernhardi's, sowie des Architekten Klette in Holzminden bis in unsere Zeit mehr und mehr vervollkommnet.

Im Allgemeinen verfährt man so, daß man 1 Theil gelöschten Kalk mit 7—10 Theilen Sand nach und nach vermischt und durcharbeitet, hierauf die eben nur feuchte homogene Masse zu Ziegeln formt und diese trocknen läßt.

Nach Klette zerfällt die Fabrikation in drei Operationen:*)

1. Die Massebereitung;
2. das Formen und Trocknen der Steine;
3. das Schnellhärten.

### 1. Die Massebereitung.

Früher geschah dieselbe derart, daß man gebrannten Kalk mit wenig Wasser zu trocknem Pulver löschte, sogenanntem Staubkalk, diesen mit trockenem Sand vermischte und so viel Wasser zusetzte, damit die Steine beim Formen zusammenhängende Massen gaben.

Hierbei entstand der Nachtheil, daß sich der Kalk nicht genügend zertheilen ließ und die bleibenden Klümpchen an der Platte fest anhaften, auch später, da sie sich erst in den Ziegeln nachlöschen, Risse erzeugen und die Festigkeit des Steines verringern. Auch ist das Verfahren deswegen unbequem, weil die an einem Tage angefertigte Masse auch aufgearbeitet werden muß. Klette empfiehlt daher als besser das nasse Verfahren.

*) Baugewerks-Ztg. 1870, S. 135.

Nach demselben löscht man den Kalk auf gewöhnliche Art zu Kalkmilch, und zwar in einer Grube, die man sich aus dem der Masse beizumischenden Sand herstellt, so daß man letzteren bequem zumischen kann. Statt dessen kann man den Kalk auch in einer Grube einsumpfen und davon entsprechende Mengen im Kalkkasten mit Wasser zu Milch anrühren und dazu die nothwendige Sandmenge geben. Der gehörig durchgerührte gleichmäßige Brei bleibt in Haufen acht bis zehn Tage liegen, so daß sich aller Kalk gleichmäßig zertheilt und die Masse plastisch wird.

H. L. Schäfer*) in Elberfeld benützte als Rohmaterial für die Kalkziegel-Fabrikation allerlei andere Materialien, wie Kohlenasche, Sand, Scherben, Straßenkehricht, welche er zunächst durch ein Sieb werfen ließ. Diese Masse wird dann mit in Gruben eingesumpftem und mit Wasser angerührtem Kalk vermischt, und zwar in Mörtelmühlen, welche den Thonschneidern ähnlich sind, nur daß Achse und Messer massiver, das Faß etwas größer und statt zwei Treibmesser deren vier angebracht sind. Die Mörtelmühle wurde durch Pferdekraft getrieben und erforderte drei Mann zur Bedienung, und zwar einen zur Herbeischaffung der Materialien, einen zweiten zum Hineinwerfen von 1 Theil Kalk und 5 Theilen Asche, den dritten, um den Mörtel den Formern mittelst Karren zum Formtisch zu bringen.

Der Mörtel ist sehr gleichmäßig gemischt und bindet sehr rasch und innig.

Das Streichen geschah durch Handarbeit. Der Ziegeltrupp bestand aus 13 Mann, wovon 6 Former. Jeden Tag wurden 10.000 Steine von vorgeschriebenem Normal-

*) Baugewerks-Ztg. Auch Maschinenb. 1872, S. 318.

maß gestrichen, welche bei 0·065 Meter Dicke $3^1/_2$ bis $3^3/_4$ Pfund wiegen. Die Ziegler erhielten pro Tausend, in Haufen von je 150 Stück gesetzt, $1^5/_6$ Thaler.

Die Formen sind von Schmiedeeisen, 80 Millimeter dick. Ist der Mörtel auf den Formtisch geschoben, so füllt der Former mit Hilfe einer Art Kohlenlöffel die Form gehauft, nimmt dann einen Schlägel, schlägt damit drei- bis viermal fest darauf, bis sich oben der Wasserglanz zeigt, legt nun einen Deckel darauf, zieht die Form mit dem Deckel rechtwinklich in die Höhe und setzt den fertigen Stein in das Trockenregal. Sind 350 bis 400 Steine fertig, so bewegt der Streicher den Formtisch in einen andern Gang.

Die Steine können nach zwei oder drei Tagen aufgekantet werden.

Auch die Façonsteine formt Schäfer auf diese Art und färbt sie durch Zusätze.

Dem Handstrich dürften wohl Kalkziegelpressen auch hier vorzuziehen sein, wie solche bereits von Bernhardi, von Klette, Eckert u. A. construirt worden sind.

Die Kalkziegelpresse von Bernhardi*) besteht aus einem stabilen Holztisch, auf welchem die in Figur 28 im Durchschnitt, in Figur 29 in Oberansicht dargestellte gußeiserne Preßform sitzt mit nach oben verschiebbarem Boden, der durch einen 2·27 Meter langen Hebel oder durch einen Kniehebel bewegt wird, auch durch einen zweiten Hebel zur Heraushebung der Steine nach oben zu verschieben ist.

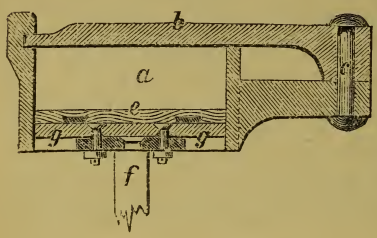
a ist die zum Pressen benützte, innen sauber ausgeführte Form, b ein starker Gußeisendeckel, dessen schmale Kante im geschlossenen Zustande in einen Falz greift, und

*) Die Kalkziegel-Fabrikation und der Kalkziegelbau von Dr. A. Bernhardi sen. in Eilenburg. Der Kalksandpisébau und die Kalksand-Ziegelfabrik von Friedr. Engel.

um Bolzen c seitwärts geschoben werden kann, zur Füllung mit der Kalkmasse.

Die Kalkmasse ist weniger zähe und plastisch als Lehmmasse, daher die Ziegel, die aus der Form kommen, noch wenig fest sind und nicht angefaßt werden dürfen.

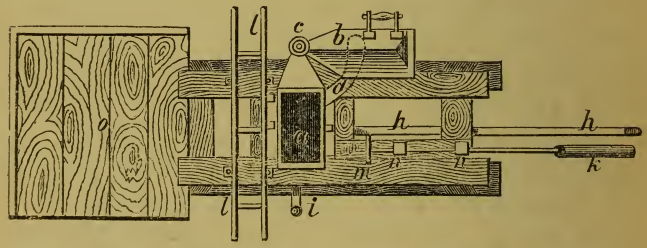
Fig. 28.




Aus diesem Grunde muß der gepreßte Stein schon auf einem Brettchen liegen, auf welchem er zu transportiren. Dieses Brettchen e wird für jeden Stein vor dem Füllen der Form in die Preßform gelegt, der Preßhebel h an der Handhabe in die Höhe gezogen und dadurch die mit ihm verbundene eiserne Stange f des gußeisernen Bodens g nach abwärts bewegt.

Jetzt wird die präparirte Masse mittelst einer Maß-

Fig. 29.




schaufel, deren Größe der zu einem Ziegel erforderlichen Menge von Kalksandmasse entsprechend ist, durch einen Blechtrichter in die Preßform geschüttet, hier mit Hilfe eines hölzernen Spatels gleichmäßig ausgebreitet, besonders gut in die Ecken gedrückt, und der Deckel b der Preßform zu-

geschoben; er greift in den Falz h und verschließt dadurch die Preßform. Jetzt drückt ein Arbeiter den Hebel h herunter und preßt dadurch den Boden der Preßform f f mit dem Einlagebrettchen und der auf diesem befindlichen Kalksandmasse gegen den Deckel b und giebt der letzteren die beabsichtigte Ziegelform. Hierauf wird der Deckel b geöffnet und der Ziegel mittelst Niederdrücken des kleineren Hebels i aus der Form gehoben. Letzterer ist nämlich ebenfalls mit der die Bewegung des Bodens f in der Preßform bedingenden Stange k verbunden.

Um den auf seinem Einlagebrettchen liegenden Ziegel nicht mit der Hand berühren zu dürfen, dient die in der Führung m laufende eiserne, mit hölzernem Heft versehene Stange l l dazu, den Stein auf das hölzerne, von Bernhardi mit »Schieber« bezeichnete Brett zu schaffen; letzteres lagert zu diesem Behufe auf dem von schwachem Eisen gefertigten Gerüst n, n, welches genau in derselben Höhe mit der Unterkante des Einlegebrettes des gepreßten und mittelst i aus der Form gehobenen Ziegels steht; — wird nun die Stange l l sanft vorgeschoben, so trifft das am äußersten Ende derselben befindliche Quereisen o die Kante des Einlegebrettchens und schiebt so den fertig geformten Stein von dem Boden f der Preßform auf den zur Aufnahme des Steines bestimmten auf dem Gerüst n befindlichen »Schieber«. Letzterer ist 2 Centimeter stark, 16 Centimeter breit, 74 Centimeter lang und zur Aufnahme von zwei Ziegeln geeignet. Die letzten gelangen dann mit dem Schieber auf eine Tragbahre, mittelst welcher eine Anzahl derselben, wenn das Trockengerüst entfernt gelegen ist, nach diesem gebracht wird, oder die Ziegel gelangen gleich, bei in der Nähe gelegenen Trockenregalen, von dem »Schieber« auf diese.

Damit die Presse feststeht und nicht bei dem Niederdrücken des langen Hebels h aufkippen kann, ist in der Verlängerung des Apparats ein aus 3 Centimeter starken Brettern gefertigter Kasten angebaut, er dient, mit Sand gefüllt, als Gegengewicht und sichert durch letztere den festen Stand der Presse.

Außerdem bietet der Deckel des Kastens, welcher einige Centimeter über letzteren hervorragt, eine Tischplatte, um die für die fernere Fabrikation von Kalkziegeln erforderlichen Einlegebrettchen und »Schieber« niederlegen zu können. Damit die Kalkziegel stets von gleicher Dicke gefertigt werden, sind zwei Eisenstücke mit Löchern vertical an dem Gestelle der Maschine befestigt, durch welche, je nach der beabsichtigten Dicke der Ziegel, ein Eisenbolzen höher oder niedriger gesteckt wird, und bis auf welchen der Hebel bei jedesmaligem Pressen niedergedrückt werden muß. Außerdem ist noch eine Feder angebracht, welche dem Hebel in seiner wagrechten Stellung als Stütze zu dienen bestimmt ist. Die Presse übt einen Druck von ungefähr 2150 Kilogramm, oder 4 bis 6 Kilogramm pro 1 Quadrat-Centimeter aus; sie erfordert zu ihrer Bedienung 3 bis 4 Männer, welche in einem Tage, wenn die Masse von anderen Leuten gemengt wird, bis 2000 Stück Ziegel pressen und zum Trocknen auf die Stellagen schaffen können. Liegt den Arbeitern aber auch die Mengung des Kalkes mit dem Sande ob, so schaffen drei Männer nur bis 1000 Ziegel.

Die Trockengestelle bestehen in der Regel aus einem von 3 Centimeter starken Brettern gezimmerten Gestell, in welchem acht Bretter übereinander liegen und etwa 12- bis 1500 Steine aufnehmen können. Schon nach etwa 5 bis 6 Stunden — besser jedoch nach einem Tage — können die Steine auf den Gestellen auf die hohe Kante gelegt und

die Einlegebrettchen zur Anfertigung anderer Steine benützt werden. Um aber an Raum und Kosten zu sparen, kann man die Steine auch unter freiem Himmel anfertigen, wenn man ein 2 Centimeter starkes Brett auf die Erde legt und die Steine auf diesem hochkantig in einer solchen Weise stellt, daß zwischen demselben ein hinreichender Luftzug stattfinden kann; ist das Brett mit Steinen besetzt, so legt man ein zweites auf dasselbe, und kann hiermit fünf- bis sechsmal fortfahren. Schon nach einigen Tagen kann man die Steine wie die gewöhnlichen Ziegel in Haufen stellen und erlangen dieselben innerhalb drei bis vier Wochen eine solche Festigkeit, daß sie bequem zur Aufführung von Mauern verwendet werden können.

Die bessere oder schlechtere Qualität der Kalksandsteine ist ebensowohl von der Beschaffenheit des Kalkes und Sandes, als auch von der Sorgfalt der Mischung beider Materialien miteinander abhängig.

Dr. Bernhardi hat auch eine Maschine zur Mischung der Kalkziegelmasse construirt und empfohlen, welche als Mengeschraube construirt, die Arbeit des Durchschaufelns und Harkens ersetzen soll.

Große Bequemlichkeit gewähren die Kalkziegel dadurch, daß sie auf der Baustelle selbst gefertigt werden können. Der kleinste Raum zur Ausführung der Fabrikation braucht nach Bernhardi nur eine Ausdehnung von circa 5 Quadratmeter zu haben.

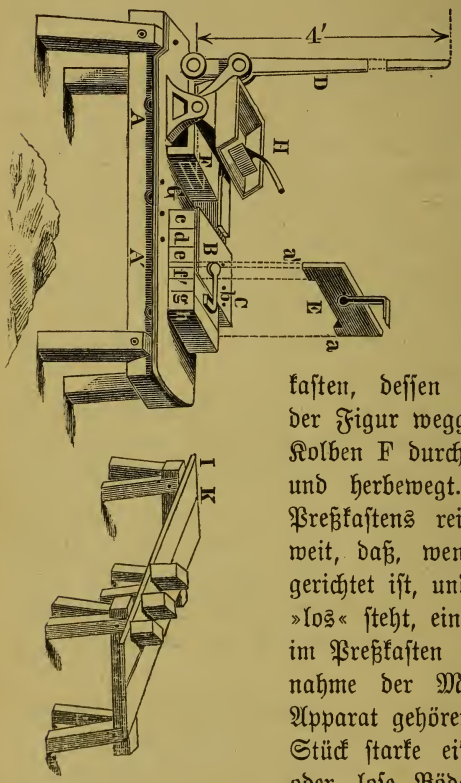
Eine andere Presse für Kalksandziegel, die sich durch Einfachheit, leichte Handhabung, Leistungsfähigkeit und Billigkeit auszeichnet, hat R. Klette in Holzminden construirt.*) Figur 30.

Diese Presse besteht aus einem Bockgestell mit etwas

*) Baugewerks-Ztg. 1870, S. 135.

geneigtem Obertheil, auf welchem sich der Preßkasten B mittelst der am Bock festgeschraubten und am Vorderende die Lager des Kniehebels D aufnehmenden Platte C befindet.

Fig. 30.




Die Mündung des Preßkastens ist mit Bodenplatte E verschließbar, wobei sie durch die Zapfen a a' und den Haken b gehalten wird. In dem Preßkasten, dessen eine Wandung in der Figur weggelassen ist, wird Kolben F durch einen Hebel hin- und herbewegt. Die Decke des Preßkastens reicht vorn nur soweit, daß, wenn der Hebel aufgerichtet ist, und also der Kolben »los« steht, ein offener Raum G im Preßkasten entsteht zur Aufnahme der Masse. In den Apparat gehören noch 10 bis 12 Stück starke eiserne Blechplatten oder lose Böden, deren Größe und Form genau dem Querschnitt des Preßkastens entspricht, und eine Krücke H mit kurzem Handgriff. Hinter dem Apparat werden zwei Bretter auf Böcke aufgelegt und zur

Rechten des Füllers steht ein mit trockenem Sand gefüllter Kasten, um die Platte darein zu legen. Die Bedienung besteht aus 5 Personen.

Soll die Presse benützt werden, so wird der Preßkasten vor dem Raum G mit Masse gefüllt, wofür die Bodenplatte E vor die Mündung des Preßkastens gestellt, dann Masse eingefüllt und letztere mittelst des Kolbens gegen die Bodenplatte gepreßt wird. Hierbei füllt sich der Preßkasten mit einem festen Kern von Masse an. Hierauf entfernt der Arbeiter die Bodenplatte, ein anderer legt bei e eine der losen Platten vor die Masse, faßt zugleich mit der Linken die Krücke H und füllt damit den Raum G. Der erste Arbeiter drückt nun den Hebel nieder, wobei der Kolben vorgeschoben wird bis nach c; derselbe schiebt nicht allein die zuletzt eingefüllten Massen, sondern auch den vorher eingepreßten Massekern vor sich her, der dabei um eine Steinstärke aus der Mündung hervortritt; der Kolben wird zurückgezogen, der zweite Arbeiter setzt einen neuen losen Boden bei c ein, füllt den Raum G wieder, der Kolben wird abermals vorgeschoben um eine Steinstärke, und wird so fortgefahren, bis der ganze Massekern vor der Mündung steht, worauf er weggenommen und auf den Massehaufen zurückgegeben wird.

Nunmehr ist der Preßkasten wieder wie vorher mit Masse gefüllt, aber diese ist durch die eingelegten Böden c, d, e, g in gleiche Abtheilungen getrennt, von denen jede einen geformten Stein darstellt. Wird nun mit Einsetzen der Platten, Füllen, Drucken fortgefahren, so treten diese Steine vor die Mündung und werden hier durch den Abträger weggenommen, um zunächst auf das nächste der Bretter I K hochkantig aufgestellt zu werden.

Frisch geformte Kalkziegel müssen stets zwischen zwei

solchen Brettchen gefaßt werden, da sie zu leicht Eindrücke erhalten; erst nach 24 Stunden sind sie soweit fest, daß ein directes Anfassen ohne ohne Schaden erfolgen kann.

Ist eines der Bretter I K vollgesetzt, so wird der ganze Aufsatz damit nach dem Trockenplatz geschafft und geht die Arbeit dieser Art weiter vorwärts, daß jeder der vier Arbeiter nun bestimmte Operationen ausführt. Auf diese Weise können stündlich 200 Steine geliefert werden.

Auch die Firma H. F. Eckert in Berlin construirte eine Presse für Kalkpisésteine.*) Dieselbe besteht aus einem starken hölzernen Gestell, auf welchem sich eine mit Rippen versehene eiserne Platte befindet. Eine in derselben vorhandene Oeffnung nimmt den Preßkasten auf und ist derselbe mit der genannten Platte durch Schrauben fest verbunden. Den Boden dieses Kastens bildet ein von oben nach unten beweglicher Stempel, an dessen unterem Ende eine Stange angebracht, welche dicht unter demselben mit einem Bund versehen ist. Der Deckel des Kastens ist auf einem Stifte in horizontaler Lage drehbar, während sich an der entgegengesetzten Seite eine Lippe befindet, mit welcher er unter eine über dem Kasten hervorragende Knagge eingreift. Unter der Platte ist ein Hebelpaar derart mit der Stempelstange in Verbindung gebracht, daß beim Niederlassen des Preßhebels der Stempel nach oben geht und ein bedeutender Druck gegen den Deckel des Kastens ausgeübt wird. Sobald der Kasten gefüllt werden soll, muß der Hebel natürlich aufgehoben sein, deshalb sind unter der Platte zwei mit einer Spiralfeder versehene Klinken angebracht, welche denselben in der hängenden Lage erhalten. Auch läßt ein an der Seite befindlicher leicht beweglicher Ausrücker den Hebel

*) Baugewerks-Ztg. 1872, S. 97.

zur Ausübung des Druckes frei niederfallen. Außerdem ist die Stempelstange unten mit einem Hebel versehen, welcher mit dem Fuß bewegt wird und bewirkt, daß der Stempel den Stein so weit aus dem Kasten hebt, um denselben bequem auf eine neben demselben befindliche Schienenbahn zu befördern. Zu diesem Zwecke bedient man sich einer auf der anderen Seite in zwei Oesen sich befindenden Schubstange. Letztere trifft den Stein nicht direct, sondern, um ihn gegen Beschädigungen zu schützen, das unter demselben befindliche Brettchen.

Zur leichteren Füllung des Kastens dient ein eiserner beweglicher Fülltrichter, der nach oben gedreht und an dessen Stelle der Preßdeckel geschoben werden kann.

Das gehörig durchgearbeitete Material wird mit einer Schaufel, die gerade so viel faßt, als zu einem Stein erforderlich ist, in den Preßkasten gegeben, demnächst der Deckel des letzteren geschlossen, der Hebel durch den Fuß des Arbeiters in Thätigkeit gesetzt und der Stein gepreßt. Hierauf wird der Preßhebel in die Höhe gehoben, der Deckel des Preßkastens von der Seite geschoben und der Stein durch einen seitlichen Fußtritthebel herausgedrückt, um mittelst eines Schiebers auf die Lohe gebracht und vom Arbeiter abgenommen zu werden.

Auch hier wird, bevor das Material in den Preßkasten kommt, ein dünnes Brettchen in demselben eingelegt, um den Stein später nicht zu lädiren. Nach einigen Tagen lassen sich die Steine wie gewöhnliche Ziegelsteine in Haufen stellen und in 3—4 Wochen haben sie die zur Verwendung auszeichnende Festigkeit.

Zu tausend Steinen sind etwa erforderlich:

| | |
|---|---|
| $1\frac{1}{3}$ Tonne Kalk (in gelöschtem Zustande etwa 20 Kbkf.) à $3\frac{1}{4}$ Sgr. . . . . | 7 M. |
| 100 Kbkf. Sand im höchsten Werthe von . | $1\frac{1}{2}$ » |
| Mengelohn als Maximum . . . . . | $1\frac{3}{4}$ » |
| 2 Arbeiter Tagelohn à $2\frac{1}{2}$ M. . . . . | 5 » |
| | 15 M. 25 Pf. |

H. F. Eckert hat auch eine Mengemaschine in Gestalt einer Art Thonschneider erbaut.

### 2. Das Trocknen der Steine.

Es geschieht wie dasjenige gewöhnlicher Ziegel am besten in Trockenschoppen, die überdeckt sind, an freier Luft. Bei warmer trockener Witterung sind die Steine schon in 24 Stunden so fest, daß sie mit der Hand aufgenommen und in Haufen gesetzt werden können, auch ihnen selbst längeres Regnen nicht schadet.

Nach Klette werden indeß die Steine nach dem ersten Trocknen erst einem Härtungsproceß, dem Schnellhärten, unterworfen, unter Zuhilfenahme eines vom Chemiker Strott erfundenen Härtungspulvers. Dieses Pulver (Wasserglas ?) wird in heißem Wasser aufgelöst, die Lösung wird verdünnt, so daß auf 1 Mille Steine etwa 1 Pfund Substanz kommt. In die Lösung werden die getrockneten Steine eingetaucht, dann erst in Haufen zum Trocknen aufgesetzt. In dieser Lösung erlangt die Kalksandmasse (nach Klette) sofort und namentlich nach dem Trocknen eine cementartige Härte und wird wetterfest und äußerst transportfähig. Die Steine können nun zu Grund- und Futtermauern, ja, wenn sie längere Zeit in der Lösung waren, sogar zu Wasserbauten Anwendung finden.

Beim Eintauchen in die Lösung nimmt ein Stein

in die Lösung etwa 2 Pfund Wasser auf; die Steine erlangen um so größere Festigkeit, je dichter sie sind, weswegen feiner Sand anzuwenden oder ein Zusatz von sandigem, magerem Lehm zu geben ist.

Nach R. Klette unterliegt der Bau mit Kalkziegeln denselben Regeln wie der Backsteinbau. Man kann mit einem gut gehärteten Kalkziegel ganz dasselbe ausführen wie mit einem guten Backstein, selbstverständlich mit Ausnahme der Feuerungsanlagen. Es ist durchaus überflüssig, Backstein und Kalkziegel gemeinschaftlich zu verwenden, in der Meinung, durch erstere, etwa an Ecken, Bögen, Simsen 2c. eine Verstärkung herbeizuführen, und es ist dies auch selbst dann nicht nothwendig, wenn man mit dieser Vereinigung etwa die Absicht der Erzielung farbiger Muster verbände. Denn es ist nichts leichter, als die Kalkziegel durch Beimischung von Erdfarben zu der Masse in Roth, Braun, Gelb, Grün 2c. in allen möglichen Abstufungen herzustellen und so eine farbige Abwechslung, die mit Recht immer mehr Aufnahme findet, auf billigere Weise herzustellen.

Es erübrigt nun noch, eine Kostenberechnung für die Kalkziegel-Fabrikation aufzustellen. Bei den in Deutschland so verschiedenen Preisverhältnissen kann keine allgemein giltige Calculation, sondern nur eine Durchschnittsrechnung, ein Schema, gegeben werden, in welches Jeder die für seinen Ort geltenden Preise einfügt, um den nöthigen Aufschluß zu erhalten. Vorauszuschicken ist, daß sich erfahrungsmäßig der durchschnittliche Preis der Kalkziegel auf 4 Thlr. pro Mille berechnet und sich im Allgemeinen 30—50 Percent billiger als die ortsüblichen Preise der Backsteine herausstellt. In den folgenden Zusammenstellungen ist die Anlage einer ständigen Kalkziegelfabrik mit einer jährlichen Pro-

duction von 300 Mille vorausgesetzt und außerdem angenommen, daß alles Zubehör neu angeschafft werde, was ja keineswegs immer durchgängig der Fall ist. Wesentlich günstiger stellt sich der Nutzen in den Fällen, wo es sich nur um die Herstellung der Steine für einen Bau handelt, die Arbeiten gleich auf dem Bauplatze vorgenommen werden und nur die Kosten für Presse, der Leihwerth für die Geräthe, sowie die Arbeits- und Materialienpreise zu rechnen sind.

A. Anlage.

| | | |
|---|---|---|
| 1 Presse mit Zubehör . . . . . | Thlr. | 60·— |
| Frachtzuschlag . . . . . | » | 5·— |
| 1 leichter offener Schuppen mit einer verschließbaren Abtheilung zum Einstellen der Presse und Geräthschaften, 30 Fuß lang, 20 Fuß breit | » | 30·— |
| 1 Schubkarre, einige Schaufeln, Krücken, Harken, Eimer, Bretter, Handwerkszeug . | » | 15·— |
| Summa | Thlr. | 110·— |

B. Betrieb.

| | | |
|---|---|---|
| Verzinsung der Anlage mit 5 Percent . . | Thlr. | 5·15 |
| Amortisation 10 Percent . . . . . | » | 11·— |
| Abnützung 5 Percent . . . . . | » | 5·15 |
| Miethe für $^1/_2$ Morgen Land . . . . . | » | 25·— |
| Abgaben . . . . . | » | 10·— |
| Herstellungskosten für 300 Mille Steine während der Sommermonate pro Mille durchschnittlich 4 Thlr. . . . . | » | 1200·— |
| Zufällige Ausgaben rot. . . . . | » | 13·— |
| Summa | Thlr. | 1270·— |
| gegen eine Einnahme von . . . . . | » | 1800·— |

bei einem Verkaufspreis von 6 Thlr. pro Mille, also einen

Reinertrag von 530 Thlr. in einem Sommer. Wobei zu berücksichtigen, daß obige Auslage von 1200 Thlr. für Fabrikationsspesen nicht voll erfordert wird, vielmehr durch ein disponibles Betriebscapital von 200 bis 300 Thlr. durch mehrmaligen Umsatz gedeckt werden kann.

Beim Verwenden der Kalksandziegel hat man nach Fr. Engel*) folgende Rücksichten zu nehmen:

1. Das (auch bei gebrannten Steinen ganz unnütze und höchst tadelhafte) Daraufklopfen des Maurers mit dem Hammer ist beim Vermauern der Kalksandziegel zu vermeiden, da der letztere zwar fest, aber spröder als der Mauerziegel ist.

Eine schwache, $^1/_4$ Zoll weite Fuge ist gleichmäßig zu geben; größere Steine im Sande des Mörtels sind durch Aussieben sorgfältig zu beseitigen.

3. Das Anfeuchten der Kalksandziegel mit dem Wasserpinsel ist überflüssig, es bringt nur nutzloser Weise mehr Wasser in die Mauer.

Eintausend Kalksandziegel kosten, je nach den Kalkpreisen und der Höhe der zu zahlenden Arbeitslöhne, $2^1/_2$ bis $4^1/_3$ Thlr.; vier Arbeiter sind im Stande, 12- bis 1500 Stück Ziegel in einem Tage zu fertigen.

Neuestens hat Felix Preußer in Plagwitz ein bagrisches Patent auf Herstellung von Baumaterialien aus Kalk und Sand erhalten, bei welchem die Erhärtung durch künstliche Zuführung von Kohlensäure schneller bewirkt wird.**)

Das Mischungsverhältniß zwischen Sand und Kalk, das sich je nach der Feinheit des Sandes etwas ändert, ist wie 3 : 1.

*) Fr. Engel. Handbuch des landwirthsch. Bauwesens.

**) Bager. Ind.- u. Gew.-Bl. 1878, S. 211.

Zum Brennen des für die Fabrikation gebrauchten Kalkes dienen Generativöfen, die dann auch die nöthige Kohlensäure liefern. Das Gemisch wird in Hand- oder Dampfpressen zu Baumaterial (Mauersteinen, Ornamenten ꝛc.) geformt.

Ist den Steinen ꝛc. das bei der Fabrikation incorporirte Wasser durch Lufttrocknung theilweise entzogen, so kommen sie nach den Imprägnir-Räumen, um durch Einführung von Kohlensäure die Ueberführung in kohlensauren Kalk in wenigen Tagen zu vollziehen.

Die Kohlensäure muß möglichst rein, abgekühlt und feucht einngeführt werden; ihre billige Gewinnung ist die Hauptsache.

Dazu dienen Generativöfen, in denen der Kalkstein wie in Kalköfen gebrannt und aus denen die Kohlensäure durch aufgestellte Pumpen am Ausgange des Ofens abgesaugt und durch die sogenannten Laveure, aus Kiesfilter und Wasser bestehend, geführt, gereinigt und gekühlt wird, um dann durch eine Rohrleitung und den Accumulator nach den Imprägnir-Räumen zu entweichen.

Diese letztern sind große Gebäude, die zunächst mit dem zu imprägnirenden Material gefüllt, dann möglichst luftdicht verschlossen werden. Die Kohlensäure tritt durch ein Rohr ungefähr in der Mitte der Decke in den Raum ein, sinkt, da sie specifisch schwer ist, auf den Boden und füllt so nach und nach den Raum von unten bis oben hin aus, während die atmosphärische Luft durch zahlreiche, an der Decke befindliche, mit Sandverschluß versehene Oeffnungen entweicht. Jede dieser Oeffnungen ist mit einer brennenden Gasflamme versehen; ist der Raum mit Kohlensäure gefüllt, so verlöschen sie, worauf die Oeffnungen luftdicht verschlossen werden.

So bleibt der Raum 12 Stunden geschlossen, nach welcher Zeit die Operation wiederholt wird, und so circa 5 Tage hintereinander. Hierauf schließt man die Kohlensäureleitung ab, öffnet die Ventile an der Decke, sowie die Einführungsthür, und läßt die Kohlensäure vollständig entweichen. Ob dies geschehen, wird, wie oben angegeben, mit Gasflammen untersucht.

Hierauf werden die gehärteten Steine herausgenommen und sie sind fertig zum Gebrauch.

---

# VI.

## Kalkschlackensteine.

Die großen Massen bei der Eisenproduction und anderen Hüttenprocessen abfallender Schlacken waren bisher nicht allein für die Hüttenwerke völlig werthlos, sondern verursachten durch ihre Placirung und ihren Transport nach den Halden denselben bedeutende Auslagen. Es sind daher mannigfache Vorschläge für ihre Anwendung in der Neuzeit hervorgetreten, unter denen die meisten Aussichten auf Erfolg gewonnen haben: die Benützung zu Schlackenwolle, zu Schlackensand und zu Kalkschlackensteinen.

Schlackenwolle und Schlackensand werden heutigen Tages bereits auf größerer Zahl Eisenhütten dargestellt. Jene dient als sehr schlechter Wärmeleiter, als vorzügliches und unvergängliches Umhüllungs-Material für Dampf- und Windleitungen und wird erhalten, indem man in den Strom flüssiger Schlacke einen Dampfstrahl eintreten läßt. Wurde

sie aus garer, basischer Schlacke erhalten, so bildet sie eine weiße, zarte, der Schafwolle ähnliche Masse.

Eine weit größere Ausnützung gestatten indeß die Schlacken im granulirten Zustande, als Schlackensand, und zwar als Bettungsmaterial zu Eisenbahnbauten, zur Mörteldarstellung an Stelle des gewöhnlichen Sandes und zur Ziegel-Fabrikation.

Seit Anfang der Sechziger-Jahre hat sich die Granulation der Schlacken für genannte Verwendungen auf einer Anzahl französischer, belgischer, rheinischer, westphälischer und auch englischer Hütten eingebürgert und auf einzelnen wird gegenwärtig bereits ein namhaftes Geschäft mit daraus bereiteten Schlackenziegeln betrieben.

Besonders ausgebildet hat sich die Darstellung der Schlackenziegeln auf der Georg-Marienhütte bei Osnabrück und hat sich hier seit dem Jahre 1865 die Fabrikation der aus einer Mischung von granulirten Schlacken und Kalk gepreßten Bausteine durch Betheiligung einiger Privaten zu einem besonderen in Blüthe stehenden Geschäft der Traß- und Steinfabrik in Osnabrück unter der Firma Lürmann, Meyer & Witting emporgeschwungen, über welche wir einen ausführlichen Bericht von E. Paschen*) hier in der Hauptsache reproduciren.

Das Vorurtheil der bauenden Techniker, welches sich dem neuen Material lange entgegenstellte, ist in dieser Gegend als fast überwunden zu bezeichnen; in Osnabrück sind bereits viele nicht unbedeutende Gebäude aus Schlackenstein entstanden, auf der Georg-Marienhütte sind alle anderen Bausteine durch den Schlackenziegel verdrängt. Statt mit der in dem ersten Jahre verwandten Handpresse arbeitet die genannte Firma seit 1867 mit Dampfpressen und wird in nächster

*) Notizbl. 1874, S. 261.

Zeit hydraulische Pressen einführen. Im Jahre 1873 stellte man fast 5 Millionen Steine von Normalformat dar. Vor Kurzem hat man auch auf der Rolandshütte im Siegerlande ganz nach der Art wie auf der Georg-Marienhütte angefangen, zu granuliren und Ziegel zu pressen, und hat auch dort schon vorzügliche Resultate erzielt. Jedoch haben die Unternehmer noch mit dem Vorurtheil und Mißtrauen der dortigen Bevölkerung zu kämpfen, welche durch Gegner der Schlackensteine, meistens aus Steinbruchbesitzern und Ziegelbrennern bestehend, hervorgerufen und rege gehalten werden. Indessen zeigt die Furcht vor der Concurrenz den Werth des Unternehmens und ohne Frage werden auch dort bald alle Hindernisse überwunden sein.

Der Schlackenstein giebt dem guten Ziegelstein an Verwendbarkeit und Festigkeit durchaus nichts nach, wie die vor Kurzem mit demselben gemachten Versuche bestätigen; er übertrifft den Ziegelstein jedoch an Feinheit der Farbe und Porosität. Zuerst leicht zerbrechlich, erhärtet derselbe schnell an der Luft; dies Erhärten dauert lange fort, auch nach der Verwendung im Bau, und da auch der Mörtel mit Schlackenkies angerührt wird, so entsteht eine vollständige Verbindung der Steine, so daß nach Verlauf einiger Jahre eine solche Wand nicht mehr aus einzelnen Steinen, sondern aus einer gleichartigen Masse besteht. Die daraus erbauten Häuser sind sehr trocken, gesund und warm, ihr Aeußeres zeichnet sich durch einen feinen, lichtgrauen Farbenton aus, welcher die Wirkung von Licht und Schatten in der Architektur des Gebäudes sehr hübsch hervortreten läßt, eine Eigenschaft, die den Gebäuden von rothgebranntem Ziegelstein bekanntlich in hohem Grade mangelt. Ein fernerer Vorzug dieser Häuser besteht darin, daß sie sofort nach ihrer Vollendung ohne Gefahr für die Gesundheit der Bewohner

bezogen werden können, da sie in sehr kurzer Zeit ausgetrocknet sind.

Eine am 12. November 1873 mit Steinen aus der Osnabrücker Fabrik in der königlichen Gewerbe-Akademie zu Berlin vorgenommene Prüfung auf Festigkeit ergab folgende für den Schlackenstein höchst günstige Resultate.

Seine jetzige Vollkommenheit verdankt der Schlackenziegel insbesondere der Verbesserung der Ziegelpresse, ferner aber auch der Versendung von trocken disintegrirtem Kalk, welcher den bis zu 40 Percent Wasser enthaltenden Schlacken je nach Bedarf zugesetzt wird. Denn obgleich die granulirte Schlacke wegen ihres Gehaltes an löslicher Kieselsäure gepreßt oder gestampft auch schon für sich allein erhärten würde, so geschieht dies doch schneller mit Kalkzusatz. Das Erhärten der Steine erfolgt durch Bildung von kohlensaurem Kalk, wie bei dem gewöhnlichen Mörtel, und besonders durch Bildung fester Verbindungen zwischen der löslichen Kieselerde, der Schlacke und dem beigemengten Kalk.

Das Heben des Schlackenkieses aus den Wasserbassins nach der Granulation geschah bisher gewöhnlich durch Paternosterwerke, jedoch gab die vielfache Gliederung dieser Maschinen zu starkem Verschleiß und in Folge zu unaufhörlichen Reparaturen Veranlassung. Man hatte sich daher auf der Georg-Marienhütte schon seit längerer Zeit mit dem Gedanken beschäftigt, die Paternosterwerke durch feste Schöpfräder zu ersetzen, welche im Sommer 1873 in der Maschinenfabrik der Hütte ausgeführt sind.

Das Schöpfrad hat folgende Einrichtung. Die Schöpfkästen sind mit Schrauben zwischen zwei großen gußeisernen Ringen befestigt, welche an zwei Frictionsrollen mit gemeinschaftlicher Achse aufgehängt sind. Diese wird vermittelst Zahnradübersetzung durch eine kleine Dampfmaschine ge-

trieben, die an einem der vier gußeisernen Ständer angebracht ist. Die äußere Peripherie der Frictionsrollen wickelt sich in Folge dessen auf der inneren Peripherie der Ringe ab und dreht das Schöpfrad, welches durch zwei seitliche Führungsrollen verhindert wird, Schwankungen zu machen. Der lichte Durchmesser der Ringe gestattet, daß ein Eisenbahngeleis durch das Schöpfrad hindurchgeht, ein ganzer Waggon von der einen Seite hinein und, nachdem er beladen ist, nach der anderen Seite hinausgeschoben wird. Die beiden gußeisernen Ringe mit den 24 Schöpfkästen haben ein Gewicht von etwa 90 Centnern. Das Gewicht der zeitig zu hebenden Schlacken beträgt im Maximum 6 Centner, den Kubikfuß zu 40 Pfund gerechnet; das Rad macht in 5 Minuten eine Umdrehung bei 80 Touren der Dampfmaschine pro Minute, so daß der Apparat im Stande ist, 72 Centner Schlacke in der Stunde zu verladen. Die Ringe sowohl wie die zur Aufhängung derselben nöthigen Ständer sind im Herde gegossen und brauchen nicht bearbeitet zu werden. Der Fuß der Ständer ist so breit, daß er der Fundamentirung eine genügende Auflagerfläche darbietet. Die Zapfen der stählernen Triebachse, an welcher die ganze Last des Rades hängt, bewegen sich in Kugellagern, die in einer Achsgabel durch einen Keil getragen werden und verstellbar sind. Die Achsgabel hängt zwischen den auf den Ständern ruhenden ⌊]-Eisen, welche den Rahmen der Maschine bilden.

Nach Fertigstellung dieses Apparates erschien Anfangs 1873 im »Engineering« eine Mittheilung des Ingenieurs Wood in Middlesbro über dessen Granulationsapparat. Dieser schien jedoch mehrerer Verbesserungen fähig, welche bei dem neuesten Granulationsapparat der Georg-Marienhütte angebracht sind.

Die Schlacke fließt bei demselben durch eine seitliche Oeffnung in die auf zwei Führungsrollen bewegliche und seitlich durch Rollen gestützte Trommel, welche zum Theil mit Wasser gefüllt ist. In der Trommel sind Schaufeln angebracht, welche bei Drehung des Rades die granulirte Schlacke heben und in einer bestimmten Höhe auf eine schiefe Ebene ausschütten, von wo aus dieselbe auf den seitlich vorgeschobenen Waggon hinuntergleitet. Ein permanenter Wasserzufluß, vom abfließenden Formwasser ausgehend, tritt im Wasser der Trommel mit dem Schlackenstrom zusammen, um schnellere Abkühlung zu erreichen und allzu heftiges Kochen des Wassers zu vermeiden. Das aus der Trommel überfließende Wasser sammelt sich in einem aus gußeisernen Platten hergestellten Kasten, welcher zugleich zur Unterstützung der Führungsrollen dient, also den Rahmen der Maschine bildet, und wird durch ein Abzugsrohr abgeleitet. Der Abtrieb der Maschine ist durch ein flaches um die ganze Trommel herumgeschlungenes Drahtseil bewirkt, welches von einer durch die Gießhalle gelegten Transmission aus bewegt wird. Aber auch dieser Apparat kann so gut wie der vorige durch Friction bewegt werden, wenn man die unteren Unterstützungsrollen durch Zahnradübersetzung antreibt, welches wahrscheinlich sogar in manchen Fällen vorzuziehen sein würde. — Die Trommel macht in drei Minuten eine Umdrehung und hat 12 Schaufeln, welche in der Stellung, wo sie ausschütten sollen, dem Böschungswinkel des nassen Schlackenkieses entsprechen, d. h. unter 45 Grad gegen die Horizontale geneigt sind. Es ist also bei dieser letzten Construction das Princip des Schöpfens aufgegeben, da im Rade selbst granulirt und dadurch eine Arbeit erspart wird.

Wie sich die Schlackenstein-Fabrikation entwickelte, läßt

sich aus der Production während der Jahre 1866 bis 1874 am besten ersehen. Dieselbe betrug:

| | | |
|---|---|---|
| 1866 . . . . . | 345.200 Stück | |
| 1873 dagegen schon . . . | 4,365.771 » | und |
| 1874 (in 11 Monaten) sogar | 5,760.479 » | |

## VII.

## Analyse der Kalksteine.

Bei der chemischen Untersuchung der Kalksteine kommt es darauf an, zu erfahren:

1. Welche Mengen von kohlensaurem Kalk und von begleitenden Stoffen in demselben enthalten sind;

2. wie sich derselbe nach dem Brennen verhält — ob er einen im Wasser sich löschenden fetten Kalk oder bei gewissen Temperaturen gebrannt einen unter Wasser erhärtenden hydraulischen Mörtel gebe.

Bei der chemischen Untersuchung hat man zunächst die Mengen der in Salzsäure löslichen und unlöslichen Bestandtheile zu ermitteln. Ist die Menge der letztern sehr gering, also das vorliegende Material kein hydraulischer Kalk, so muß bestimmt werden:

a) Wie viel kohlensaurer Kalk,

b) » » kohlensaure Magnesia vorhanden,

weil die letztere die Eigenschaften des gebrannten Kalkes ungemein beeinflußt.

Beträgt die Menge der in Salzsäure unlöslichen Körper 20 bis 30 Percent, so genügt die Analyse zur

Bestimmung der Brauchbarkeit des fraglichen Kalkes allein nicht, es müssen Brennversuche hinzutreten.

Bei der Untersuchung wird zunächst durch eine Vorprobe festgestellt, ob der Kalkstein *Feuchtigkeit und organische Substanzen* enthält, für welche man etwas in ein Glasröhrchen bringt und erhitzt. Führt er organische Körper, so bräunt er sich vorübergehend und entwickelt einen brenzlichen Geruch.

Zur Bestimmung der Feuchtigkeit wägt man etwa 3 Gramm des zerriebenen Kalksteines ab, trocknet bei 100 bis 120 Grad C. und wägt hierauf wieder. Die Gewichtsdifferenz giebt das *vorhandene Wasser*.

Hierauf schreitet man zur eigentlichen Untersuchung, für welche man 2 Gramm des Kalkpulvers abwägt und mit verdünnter Salzsäure behandelt. Dies erfolgt so, daß man das Pulver in ein Becherglas oder eine Digerirflasche bringt, dasselbe mit Wasser übergießt und nun allmälig Salzsäure hinzufügt. Hierbei wird die Kohlensäure ausgetrieben und entweicht unter Aufschäumen. Ist dies geschehen, giebt man noch etwas Salzsäure hinzu und ebenso etwas Salpetersäure und erhitzt bei gelinder Wärme. Führte der Kalkstein bituminöse Substanz, so riecht das entweichende Kohlensäuregas theerig nach dem mit entweichenden Kohlenwasserstoffe. Durch etwas hinzuzugebende Salpetersäure wird etwa vorhandenes Eisenoxydul (Chlorür) in Eisenoxyd (Chlorid) umgewandelt.

Nach dieser Umwandlung wird die gewöhnlich nicht ganz klare Lösung filtrirt, das auf dem Filter Zurückbleibende mit Wasser ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen. Dieser Rückstand ist der Gehalt des Kalkes an Thon und Sand.

Die salzsaure Lösung ist nun gewöhnlich durch Eisen-

chlorid gelb gefärbt. Sie wird zunächst mit Ammoniak versetzt bis zur alkalischen Reaction, wobei Thonerde und Eisenoxyd gefällt werden. Falls der Kalk nur wenig Magnesia enthält, geht davon nichts in den Niederschlag; dann ist dieser klar und durchscheinend. Das Abfiltriren und Auswaschen des Thonerdeniederschlages muß rasch erfolgen, weil sonst der Kalk der Lösung Kohlensäure anzieht, kohlensauren Kalk bildet und dieser sich mit dem Niederschlage abscheidet. Je weniger Thonerde der Niederschlag enthält, desto weniger weiß ist er, je mehr Eisen, desto mehr gefärbt. Soll die Menge des Eisens und der Thonerde nicht apart bestimmt werden, so trocknet und glüht man sie zusammen bei Luftzutritt, giebt dabei ein paar Tropfen Salpetersäure in den Tiegel, um sicher zu sein, daß kein Eisenoxyd durch Filterkohle zu Oxyduloxyd reducirt wird, und wägt dann die getrocknete und geglühte Masse.

Sollen Thonerde und Eisenoxyd getrennt werden, so bringt man den noch feuchten Niederschlag auf ein Filter, löst ihn in verdünnter Salzsäure, wäscht diese mit Wasser aus und giebt zu der Lösung Natronhydrat oder essigsaures Natron, welches das Eisenoxydhydrat fällt. Der Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und, wie vorhin angegeben, geglüht. Die alkalische, thonerdehaltige Lösung macht man mit Salzsäure sauer und giebt nun Ammoniak und kohlensaures Ammoniak in geringem Uebermaße zu, wobei das Thonerdehydrat als weißer gelatinöser Niederschlag ausfällt, filtrirt, ausgewaschen, getrocknet und geglüht werden kann.

Führt der Kalkstein beträchtliche Mengen Magnesia, so fällt das Ammoniak aus der Salzsäurelösung des Kalksteines neben Thonerde stets Magnesia, was man daran erkennt, daß der Niederschlag nicht durchscheinend klar, sondern weißlich

trübe ist. In diesem Falle muß man ihn sorgfältig auswaschen, dann in viel Salzsäure lösen, wieder mit Ammoniak fällen und diese Operation mehrmals wiederholen.

Die von Eisenoxyd und Thonerde befreite Flüssigkeit enthält nun Kalk und Magnesia in Lösung. Sie wird mit Salzsäure schwach sauer gemacht, um etwa gebildeten kohlensauren Kalk aufzulösen, auch abgedampft, falls sie viel Waschwasser aufgenommen. Dann wird sie mit Ammoniak alkalisch gemacht und nun oxalsaures Kali zugegeben. Es bildet sich ein Niederschlag von oxalsaurem Kalk, den man nach etwa 12 Stunden auf einem Filter sammelt, auswäscht und glüht. Hierbei erhält man kohlensauren Kalk, welcher gewogen wird.

Das Filtrat enthält die Magnesia, welche mit phosphorsaurem Natron, Ammoniak als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia ausgefällt wird. Der Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt, mit Ammoniak ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen. 100 Theile des Niederschlages enthalten 36·0 Magnesia, 75·67 kohsensaure Magnesia.

So ergeben sich als Resultate der Analyse mithin der Zusammensetzung des fraglichen Kalksteines:

1. Wasser.
2. In Salzsäure unlöslicher Rückstand (Thonerde, Sand).
3. Thonerde.
4. Kohlensaures Eisenoxydul.
5. Kohlensaurer Kalk.
6. Kohlensaure Magnesia.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 070433187